

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของแผนแบบซ้อนสองชั้นในรูปแบบอิทธิพลสุ่ม 3 วิธี คือ วิธีคลาสสิก วิธีบูตสเตรป และวิธีภาวะน่าจะเป็น โดยพิจารณาค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทำได้โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อกระทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ ผลการวิจัยได้นำเสนอค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีต่างๆ ในรูปตารางและรูปภาพ รวมทั้งมีการกำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

n_{ij}	แทน ขนาดหน่วยทดลอง
σ_c^2	แทน ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน
σ_α^2	แทน ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A
$\sigma_{B(A)}^2$	แทน ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B ภายใต้ปัจจัย A
C.V.	แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน
BIAS	แทน ค่าความเอนเอียง
VAR	แทน ค่าความแปรปรวน
MSE	แทน ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
ANOVA	แทน วิธีคลาสสิก
MLE	แทน วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด
BOOT	แทน วิธีบูตสเตรป

ผลการวิจัยได้พิจารณาจากขนาดหน่วยทดลอง ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A, B และความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 วิธี ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวน

1.1 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A (σ_a^2) เมื่อระดับของปัจจัย (a, b) คือ (2,2)

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน A (σ_a^2) ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย (a, b) = (2,2)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3)	0.1	ANOVA	1.5314	0.0175	2.3628
		BOOT	1.5201	0.0171	2.3277
		MLE	0.5133	0.0170	0.2805
	0.3	ANOVA	5.7754	93.9527	127.3081
		BOOT	4.4120	91.6218	111.0878
		MLE	10.3473	128.0814	235.1491
	0.5	ANOVA	58.4620	18965	22383
		BOOT	39.1973	18532	20069
		MLE	158.1900	24293	49317
(3,3,4,4)	0.1	ANOVA	1.5259	0.0265	2.3547
		BOOT	1.5171	0.0258	2.3274
		MLE	0.5975	0.8069	1.1639
	0.3	ANOVA	4.9944	55.9228	80.8666
		BOOT	3.9178	57.3549	72.7042
		MLE	8.1895	76.4329	143.5000
	0.5	ANOVA	56.6975	14328	17542
		BOOT	40.0861	14318	15925
		MLE	133.9896	17123	35077

ตาราง 6 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,4,5,6)	0.1	ANOVA	1.5250	0.0083	2.3340
		BOOT	1.5191	0.0084	2.3161
		MLE	0.7304	0.0057	0.5392
	0.3	ANOVA	4.4490	38.8392	58.6329
		BOOT	3.7645	40.0531	54.2246
		MLE	6.0660	44.4621	81.2583
	0.5	ANOVA	47.2638	8603.2	10837
		BOOT	37.2442	8637	10024
		MLE	104.9445	11550	22563
(3,5,9,12)	0.1	ANOVA	1.5390	0.0636	2.4321
		BOOT	1.5338	0.0619	2.4144
		MLE	0.7838	0.2595	0.8739
	0.3	ANOVA	4.3973	52.0341	71.3706
		BOOT	3.3361	51.8583	62.9881
		MLE	5.3364	51.5189	79.9960
	0.5	ANOVA	47.7087	906.6904	3182.8
		BOOT	37.1412	787.9361	2167.4
		MLE	41.7365	1768.7	3510.7

จากตาราง 6 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A (σ_a^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,2)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าทุกขนาดหน่วยทดลองที่ C.V.= 0.1 วิธีภาวน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3) และ (3,4,5,6) ที่ C.V.= 0.1 วิธีภาชนะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,4,4) และ C.V.= 0.1 พบว่าวิธีภาชนะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด และที่ C.V.= 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,5,9,12) และ C.V.= 0.1 และ 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนเมื่อ C.V.= 0.3 วิธีภาชนะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าทุกขนาดหน่วยทดลองที่ C.V.= 0.1 วิธีภาชนะความน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

1.2 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_B^2) เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,2)

ตาราง 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_B^2) ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,2)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3)	0.1	ANOVA	1.9109	0.0162	3.6679
		BOOT	1.8551	0.0175	3.4590
		MLE	2.1844	0.1822	4.9538
(3,3,3,3)	0.3	ANOVA	8.5843	115.9582	189.6487
		BOOT	14.9836	130.2595	354.7665
		MLE	18.6969	167.0252	516.5981
	0.5	ANOVA	151.5628	21853	44825
		BOOT	254.8674	25991	90948
		MLE	332.1514	39215	149540

ตาราง 7 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,4,4)	0.1	ANOVA	1.9036	0.7532	4.3767
		BOOT	1.8524	0.7646	4.1959
		MLE	2.2396	0.3601	5.3758
	0.3	ANOVA	6.6805	71.0823	115.7116
		BOOT	12.7655	80.1800	243.1368
		MLE	20.6796	138.1390	565.7851
	0.5	ANOVA	129.5784	15826	32617
		BOOT	222.6259	18130	67693
		MLE	357.6871	33398	161340
(3,4,5,6)	0.1	ANOVA	1.9424	0.0032	3.7761
		BOOT	1.8997	0.0034	3.6124
		MLE	2.3335	0.6959	6.1413
	0.3	ANOVA	4.7585	42.5732	65.2163
		BOOT	9.8753	48.7931	146.3147
		MLE	22.4247	92.3650	595.2300
	0.5	ANOVA	102.2316	10973	21425
		BOOT	180.0659	12330	44754
		MLE	376.2712	24451	166030

ตาราง 7 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,5,9,12)	0.1	ANOVA	1.9183	0.2275	3.9075
		BOOT	1.8899	0.2212	3.7931
		MLE	3.4937	2.3865	14.5924
	0.3	ANOVA	3.9830	52.5809	68.4456
		BOOT	7.9236	49.9581	112.7418
		MLE	22.8744	172.4053	695.6437
	0.5	ANOVA	40.6937	1722.7	3378.7
		BOOT	93.9210	2366.4	11188
		MLE	422.7631	2163.3	200360

จากตาราง 7 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_p^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,2)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าทุกขนาดหน่วยทดลองที่ C.V.= 0.1 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3) และ (3,4,5,6) ทุกค่า C.V. วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,4,4) และ C.V.= 0.1 พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำสุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,5,9,12) และ C.V.= 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนเมื่อ C.V.= 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำสุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าทุกขนาดหน่วยทดลองที่ C.V.= 0.1 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

1.3 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_{ε}^2) เมื่อระดับของปัจจัย $(a,b) = (2,2)$

ตาราง 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_{ε}^2) ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย $(a,b) = (2,2)$

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3)	0.1	ANOVA	0.2984	0.0102	0.0992
		BOOT	0.3656	0.0045	0.1382
		MLE	0.3662	0.0219	0.1560
	0.3	ANOVA	17.7751	144.4182	460.3708
		BOOT	10.0179	65.1114	165.4700
		MLE	8.5124	88.4919	160.9525
	0.5	ANOVA	344.4145	33290	151910
		BOOT	222.2169	14919	64299
		MLE	72.3348	1.8146	23378
(3,3,4,4)	0.1	ANOVA	0.280	0.0088	0.0872
		BOOT	0.3503	0.0045	0.1273
		MLE	0.2804	0.0403	0.1188
	0.3	ANOVA	19.2511	120.3445	490.9492
		BOOT	12.1884	61.4445	210.0005
		MLE	7.9854	53.8535	117.6209
	0.5	ANOVA	363.4771	28765	160880
		BOOT	254.5522	15085	79882
		MLE	72.7863	13822	19119

ตาราง 8 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,4,5,6)	0.1	ANOVA	0.2814	0.0069	0.0861
		BOOT	0.3290	0.0043	0.1125
		MLE	0.1884	0.0131	0.0485
	0.3	ANOVA	20.6148	85.5369	510.5079
		BOOT	14.9152	52.7106	275.1732
		MLE	7.6415	37.9433	81.2583
	0.5	ANOVA	375.3255	21685	162550
		BOOT	289.3969	13406	97156
		MLE	65.0509	8387.3	12619
(3,5,9,12)	0.1	ANOVA	0.2649	0.0036	0.0737
		BOOT	0.2972	0.0026	0.0910
		MLE	0.0956	0.053	0.0621
	0.3	ANOVA	26.3548	68.1222	762.6992
		BOOT	22.1895	46.3863	538.7594
		MLE	7.5440	51.3372	108.2488
	0.5	ANOVA	402.7917	18765	181010
		BOOT	344.7194	15036	133870
		MLE	67.1658	896.6768	5407.9

จากตาราง 8 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_e^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,2)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3) และ (3,3,4,4) ที่ C.V.= 0.1 วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธี

ภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,4,5,6) และ (3,5,9,12) ในทุกค่า C.V. วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3) และ (3,5,9,12) ที่ C.V.= 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,4,4) และ C.V.= 0.1 วิธีบูตสเตรปจะให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วน C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,4,5,6) วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3) และ (3,3,4,4) ที่ C.V.= 0.1 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,4,5,6) และ (3,5,9,12) ในทุกค่า C.V. วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

1.4 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A (σ_α^2) เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,3)

ตาราง 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อน

กำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A (σ_α^2)

ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,3)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{21}, n_{22}, n_{23}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3,3,3)	0.1	ANOVA	1.5161	0.0039	2.3026
		BOOT	1.5105	0.0037	2.2853
		MLE	0.1258	0.1665	0.1824
	0.3	ANOVA	3.6832	27.1090	40.6748
		BOOT	2.9863	27.1276	36.0456
		MLE	8.5903	56.7649	130.5575
	0.5	ANOVA	31.7905	6920	7930.6
		BOOT	21.1335	7018.5	7465.1
		MLE	134.5168	13799	31893

ตาราง 9 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{21}, n_{22}, n_{23}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,4,4,4)	0.1	ANOVA	1.5317	0.2443	2.5904
		BOOT	1.5275	0.2428	2.5760
		MLE	0.2280	2.6813	2.7333
	0.3	ANOVA	3.3209	19.9606	30.9890
		BOOT	2.7693	20.2187	27.8876
		MLE	6.7317	42.0373	87.3535
	0.5	ANOVA	31.1605	3963.9	4934.8
		BOOT	22.7735	4002.8	4521.4
		MLE	107.0887	9345.6	20814
(3,3,4,4,5,5)	0.1	ANOVA	1.5136	0.0025	2.2934
		BOOT	1.5103	0.0025	2.2834
		MLE	0.3615	0.0448	0.1755
	0.3	ANOVA	3.2497	18.2336	28.7944
		BOOT	2.8610	18.3140	26.4995
		MLE	5.8609	36.0301	70.3807
	0.5	ANOVA	26.9928	3849.4	4578
		BOOT	20.7333	3851.5	4281.4
		MLE	95.9287	8294.1	17496

ตาราง 9 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{21}, n_{22}, n_{23}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(4,6,7,8,9,10)	0.1	ANOVA	1.5087	0.0023	2.2785
		BOOT	1.5074	0.0023	2.2744
		MLE	0.3991	0.0479	0.2071
	0.3	ANOVA	2.5152	4.4936	10.8198
		BOOT	2.3669	4.5024	10.1048
		MLE	2.7156	8.1525	15.5271
	0.5	ANOVA	17.7024	1000.1	1313.4
		BOOT	15.3220	1006.5	1241.3
		MLE	48.1892	2004.4	4326.6

จากตาราง 9 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A (σ_{α}^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,3)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้ เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าทุกขนาดหน่วยทดลองที่ C.V.= 0.1 วิธีภาวจะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3,3) และ (3,3,3,4,4,4) ที่ C.V.= 0.1 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,4,4,5,5) และ (4,6,7,8,9,10) ที่ C.V.= 0.1 วิธีคลาสสิกและวิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3,3) และ C.V.= 0.1 วิธีภาวจะความน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด และที่ C.V.= 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,4,4,4) ในทุกค่า C.V.วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,4,4,5,5) และ (4,6,7,8,9,10) ที่ $C.V. = 0.1$ วิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด และที่ $C.V. = 0.3$ และ 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

1.5 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_B^2) เมื่อระดับของปัจจัย $(a,b) = (2,3)$

ตาราง 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_B^2) ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย $(a,b) = (2,3)$

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{21}, n_{22}, n_{23}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3,3,3)	0.1	ANOVA	1.9248	0.1479	3.8529
		BOOT	1.8637	0.1447	3.6181
		MLE	2.0942	0.0966	4.4825
	0.3	ANOVA	6.2146	49.9087	88.5295
		BOOT	13.4910	53.8364	235.8427
		MLE	18.0591	111.6930	437.8239
0.5	ANOVA	123.7932	12041	27365	
	BOOT	236.0732	12987	68718	
	MLE	312.8601	26490	124370	
(3,3,3,4,4,4)	0.1	ANOVA	1.8936	2.4424	6.0281
		BOOT	1.8399	2.4229	5.8080
		MLE	2.1203	0.4637	4.9595
	0.3	ANOVA	4.7211	38.2591	60.5477
		BOOT	11.3721	45.1696	174.4938
		MLE	20.1807	93.6425	500.9051
	0.5	ANOVA	100.1292	8447.9	18474
		BOOT	202.1146	9100.7	49951
		MLE	344.2538	22032	140540

ตาราง 10 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{21}, n_{22}, n_{23}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,4,4,5,5)	0.1	ANOVA	1.9441	0.0422	3.8217
		BOOT	1.8955	0.0429	3.6359
		MLE	2.1166	0.1582	4.6383
	0.3	ANOVA	4.0349	33.5335	49.8143
		BOOT	9.8996	35.6896	133.6907
		MLE	20.5443	77.1673	499.2352
	0.5	ANOVA	90.5969	7664.3	15872
		BOOT	181.2900	8474.4	41340
		MLE	350.9146	17670	140810
(4,6,7,8,9,10)	0.1	ANOVA	1.9678	0.0465	3.9188
		BOOT	1.9381	0.0454	3.8018
		MLE	2.1426	0.2090	4.7999
	0.3	ANOVA	1.0881	7.9206	9.1046
		BOOT	4.6597	8.5170	30.2300
		MLE	24.4644	41.8624	640.3716
	0.5	ANOVA	45.7228	1930	4020.6
		BOOT	100.9434	2035.3	12225
		MLE	412.2449	1049.6	180440

จากตาราง 10 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_B^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,3)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าในทุกขนาดหน่วยทดลอง เมื่อ C.V.= 0.1 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3) และ (3,3,3,4,4) ที่ C.V.= 0.1 วิธีภาชนะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,4,4,5,5) ในทุกค่า C.V.วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (4,6,7,8,9,10) และที่ C.V.=0.1 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด และที่ C.V.= 0.3 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.5 วิธีภาชนะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3) และ (3,3,4,4,5,5) และ (4,6,7,8,9,10) ที่ C.V.= 0.1 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,4,4,4) ที่ C.V.= 0.1 วิธีภาชนะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

1.6 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_e^2) เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,3)

ตาราง 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อน กำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_e^2) ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,3)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{21}, n_{22}, n_{23}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3,3)	0.1	ANOVA	0.2999	0.0066	0.0965
		BOOT	0.3664	0.0030	0.1372
		MLE	0.7829	0.0041	0.6170
	0.3	ANOVA	18.3133	99.1731	434.5507
		BOOT	10.3582	44.0051	151.2968
		MLE	5.8075	25.2777	59.0045
	0.5	ANOVA	347.2015	22349	142900
		BOOT	224.4932	10063	60460
		MLE	41.5669	6545.1	8272.9

ตาราง 11 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{21}, n_{22}, n_{23}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,4,4,4)	0.1	ANOVA	0.2956	0.0056	0.0930
		BOOT	0.3534	0.0029	0.1278
		MLE	0.6339	0.1775	0.5794
	0.3	ANOVA	19.7660	89.1797	479.8739
		BOOT	12.5952	45.9367	204.5751
		MLE	5.8103	18.7736	52.5326
	0.5	ANOVA	367.4301	19112	154120
		BOOT	256.8002	9817.3	75764
		MLE	44.7010	3770.5	5768.7
(3,3,4,4,5,5)	0.1	ANOVA	0.2904	0.0050	0.0893
		BOOT	0.3420	0.0029	0.1198
		MLE	0.5690	0.0044	0.3282
	0.3	ANOVA	19.8042	70.2787	462.4852
		BOOT	13.5790	41.3007	225.6889
		MLE	5.9237	17.4857	52.5764
	0.5	ANOVA	369.2327	15775	152110
		BOOT	272.4623	8914.4	83150
		MLE	42.1610	3664.6	5442.1

ตาราง 11 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{21}, n_{22}, n_{23}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(4,6,7,8,9,10)	0.1	ANOVA	0.2680	0.0027	0.0745
		BOOT	0.2984	0.0021	0.0911
		MLE	0.5600	0.0025	0.3161
	0.3	ANOVA	22.5149	41.0994	548.0183
		BOOT	18.8423	31.3322	386.3639
		MLE	5.3877	4.4012	33.4283
	0.5	ANOVA	411.0735	9781.7	178760
		BOOT	354.2477	7404.4	132900
		MLE	35.7359	980.1944	2257.3

จากตาราง 11 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_{ϵ}^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,3)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าในทุกขนาดหน่วยทดลอง เมื่อ C.V. = 0.1 วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด และที่ C.V. = 0.3 และ 0.5 วิธีภาวน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ C.V. = 0.1 วิธีบูตสเตรปจะให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ที่ C.V. = 0.3 และ 0.5 วิธีภาวน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ C.V. = 0.1 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V. = 0.3 และ 0.5 ซึ่งวิธีภาวน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

1.7 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A (σ_α^2) เมื่อระดับของปัจจัย $(a,b) = (2,4)$

ตาราง 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A (σ_α^2) ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย $(a,b) = (2,4)$

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{14}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, n_{24}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3,3,3,3,3)	0.1	ANOVA	3.7567	46.6318	60.7447
		BOOT	0.0520	21.3029	21.3056
		MLE	7.6928	95.9425	155.1214
	0.3	ANOVA	6.9350	2766.8	2814.9
		BOOT	3.7028	72.0403	85.7509
		MLE	19.6001	2239	2623.2
	0.5	ANOVA	3.0712	9106.1	9115.5
		BOOT	39.2100	3283.3	4820.8
		MLE	155.0717	17280	41327.23
(3,3,3,3,4,4,4,4)	0.1	ANOVA	18.6625	104.0429	452.3334
		BOOT	2.0926	3.0484	7.4273
		MLE	17.0477	188.0483	478.6730
	0.3	ANOVA	2.6944	366.9081	374.1679
		BOOT	2.1203	11.5589	16.0545
		MLE	12.7008	186.2226	347.5333
	0.5	ANOVA	0.7501	3546.9	3547.5
		BOOT	16.5031	997.5402	1269.9
		MLE	93.0529	6248.1	14907

ตาราง 12 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{14}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, n_{24}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,4,4,5,5)	0.1	ANOVA	4.3740	300.4810	319.6128
		BOOT	2.5573	9.9288	16.4685
		MLE	2.9344	26.4755	35.0862
	0.3	ANOVA	11.3866	326.9623	456.6161
		BOOT	4.7707	9.4312	32.1912
		MLE	8.6169	236.0568	310.3073
	0.5	ANOVA	28.7102	15583	16407
		BOOT	10.5697	16857	16968
		MLE	141.7207	6664.9	26750
(3,4,5,6,7,8,9,10)	0.1	ANOVA	13.1057	158.3796	330.1385
		BOOT	2.0978	3.0799	7.4805
		MLE	10.7744	215.3240	331.4110
	0.3	ANOVA	13.2091	427.7925	602.2739
		BOOT	3.2185	16.4093	26.7682
		MLE	15.7665	541.5386	790.1202
	0.5	ANOVA	21.2401	4368.9	4820.1
		BOOT	28.2455	284.7839	1082.6
		MLE	89.9409	1672.4	9761.8

จากตาราง 12 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A (σ_{α}^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,4)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้
เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3,3,3,3) , (3,3,3,3,4,4,4,4) และ (3,4,5,6,7,8,9,10) ที่ C.V. = 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V. = 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,4,4,4,5,5) ในทุกค่า C.V. พบว่าวิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3,3,3,3) , (3,3,3,3,4,4,4,4) และ (3,4,5,6,7,8,9,10) ในทุกค่า C.V. วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,4,4,4,5,5) ที่ C.V.= 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3,3,3,3) และ (3,3,3,3,4,4,4,4) และ (3,4,5,6,7,8,9,10) ในทุกค่าของ C.V. วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,4,4,4,5,5) ที่ C.V.= 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

1.8 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_B^2) เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,4)

ตาราง 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_B^2) ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,4)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{14}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, n_{24}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3,3,3,3,3)	0.1	ANOVA	3.7829	72.4165	86.7270
		BOOT	0.1811	37.7424	37.7752
		MLE	49.9807	722.9661	3221
	0.3	ANOVA	16.1735	1944.9	2206.5
		BOOT	24.2079	525.0029	1111
		MLE	22.8364	886.1900	1407.7
	0.5	ANOVA	140.7690	14947	34763
		BOOT	266.4303	13623	84608
		MLE	160.0025	33206	58807

ตาราง 13 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{14}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, n_{24}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3,4,4,4,4)	0.1	ANOVA	14.3805	165.7806	372.5798
		BOOT	1.2330	87.5370	89.0572
		MLE	40.1718	318.0543	1931.8
	0.3	ANOVA	10.1692	163.3477	266.7599
		BOOT	10.5891	16.4175	128.5474
		MLE	24.9514	588.3912	1211
	0.5	ANOVA	85.5973	5.6204	12947
		BOOT	171.2743	3583.9	32919
		MLE	116.0294	6261.1	19724
(3,3,3,4,4,4,5,5)	0.1	ANOVA	9.2621	605.1464	690.9321
		BOOT	3.0960	226.1768	235.7619
		MLE	51.3705	487.4009	3126.3
	0.3	ANOVA	6.6783	215.5615	260.1608
		BOOT	15.2305	130.8590	362.8271
		MLE	37.2937	1023.9	24147
	0.5	ANOVA	133.4158	6101.6	23901
		BOOT	229.4565	7292.9	59943
		MLE	169.1247	23394	51997

ตาราง 13 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{14}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, n_{24}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,4,5,6,7,8,9,10)	0.1	ANOVA	9.1359	204.4755	287.9399
		BOOT	1.1404	85.3986	86.6991
		MLE	39.3366	158.6777	1706
	0.3	ANOVA	13.8849	518.1224	710.9132
		BOOT	9.0670	186.3760	268.5868
		MLE	30.5133	804.4853	1735.5
	0.5	ANOVA	86.2204	1604.6	9038.6
		BOOT	141.6830	1947.6	22022
		MLE	158.5201	8140.4	33269

จากตาราง 13 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย B (σ_B^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,4)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3,3,3,3), (3,3,3,3,4,4,4,4) และ (3,3,3,4,4,4,5,5) ที่ C.V.= 0.1 วิธีบูตสเตรปีให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,4,5,6,7,8,9,10) ที่ C.V.=0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปีให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วน C.V.= 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3,3,3,3) ในทุกค่า C.V. วิธีบูตสเตรปีให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,4,4,4,4) และ (3,4,5,6,7,8,9,10) ที่ C.V.= 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปีให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,4,4,4,5,5) ที่ C.V.= 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปีให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3,3,3,3,3) และ (3,3,3,3,4,4,4,4) และ (3,4,5,6,7,8,9,10) ที่ C.V.= 0.1, 0.3 วิธีбутสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,4,4,4,5,5) และ C.V.=0.1 วิธีбутสเตรปให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.= 0.3 และ 0.5 วิธีคลาสสิกให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

1.9 การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_{ϵ}^2) เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,4)

ตาราง 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_{ϵ}^2) ทั้ง 3 วิธี เมื่อระดับของปัจจัย (a,b) = (2,4)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{14}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, n_{24}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3,3,3,3,3)	0.1	ANOVA	40.8272	665.0807	2331.9
		BOOT	0.3753	0.0025	0.1434
		MLE	7.2311	95.9425	93.8800
	0.3	ANOVA	18.7764	141.7872	494.3396
		BOOT	8.1974	26.8606	94.0583
		MLE	5.8617	4740	2508.4
	0.5	ANOVA	213.3187	29508	75013
		BOOT	231.1709	13833	67273
		MLE	9.2685	7796.8	7882.7

ตาราง 14 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{14}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, n_{24}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,3,3,3,4,4,4,4)	0.1	ANOVA	32.0125	299.1193	1323.9
		BOOT	0.3503	0.0012	0.1240
		MLE	15.1725	95.6006	325.8041
	0.3	ANOVA	23.0645	453.1629	985.1346
		BOOT	9.8376	26.2952	123.0736
		MLE	4.3799	340.9233	360.1065
	0.5	ANOVA	140.1744	4304.1	23953
		BOOT	227.1759	6444.6	58053
		MLE	13.7945	3195.9	3386.2
(3,3,3,4,4,4,5,5)	0.1	ANOVA	46.9992	558.5263	2767.5
		BOOT	0.3468	0.0012	0.1214
		MLE	6.6862	153.0008	197.7066
	0.3	ANOVA	38.4939	1015.01	2496.8
		BOOT	12.9645	38.7242	206.8021
		MLE	9.1068	310.0100	392.9432
	0.5	ANOVA	214.1736	23873	69743
		BOOT	309.0004	8909.6	104390
		MLE	16.5151	15431	15704

ตาราง 14 (ต่อ)

ขนาดหน่วยทดลอง ($n_{11}, n_{12}, n_{13}, n_{14}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, n_{24}$)	C.V.	วิธีประมาณค่า	เกณฑ์การพิจารณา		
			BIAS	VAR	MSE
(3,4,5,6,7,8,9,10)	0.1	ANOVA	33.5002	216.8017	1339.1
		BOOT	0.3086	0.0025	0.0977
		MLE	10.3848	153.7785	261.6224
	0.3	ANOVA	27.9035	462.2048	1240.8
		BOOT	16.8436	16.3561	300.0615
		MLE	15.5752	415.9766	658.5634
	0.5	ANOVA	179.4309	7984.4	40180
		BOOT	349.7362	6054.6	128370
		MLE	38.0196	4302.7	5748.2

จากตาราง 14 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_{ϵ}^2) ทั้ง 3 วิธี ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ระดับปัจจัย $(a,b) = (2,4)$ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียง พบว่าในทุกขนาดหน่วยทดลอง เมื่อ C.V. = 0.1 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V. = 0.3 และ 0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน พบว่าในทุกขนาดหน่วยทดลอง เมื่อ C.V. = 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ที่ C.V. = 0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าในทุกขนาดหน่วยทดลอง เมื่อ C.V. = 0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ที่ C.V. = 0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

2. ผลการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงรวม

ค่าความเอนเอียงรวมของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A , B และความคลาดเคลื่อนจำแนกตามระดับปัจจัย ขนาดหน่วยทดลอง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน สามารถพิจารณาได้จากตาราง 15

ตาราง 15 แสดงค่าความเอนเอียงรวม (BIAS)

(a,b)	n	C.V.	BIAS รวม		
			ANOVA	BOOT	MLE
(2,2)	(3,3,3,3)	0.1	3.7408	3.7408	2.3315
		0.3	20.5840	20.5894	20.5318
		0.5	437.5154	437.8870	418.0066
	(3,3,4,4)	0.1	3.7204	3.7198	2.5568
		0.3	20.9372	21.0360	20.8836
		0.5	436.3579	437.0920	418.8905
	(3,4,5,6)	0.1	3.7488	3.7479	2.8756
		0.3	20.9243	21.0260	20.8491
		0.5	430.2934	432.2186	416.1648
	(3,5,9,12)	0.1	3.7222	3.7210	4.1819
		0.3	25.9405	26.7770	20.6668
		0.5	395.7767	401.4993	397.3338
(2,3)	(3,3,3,3,3,3)	0.1	3.7408	3.7406	1.4371
		0.3	20.8447	20.8628	20.8419
		0.5	439.2042	439.4329	405.8099
	(3,3,3,4,4,4)	0.1	3.7209	3.7208	1.7144
		0.3	21.1662	21.1980	21.1022
		0.5	436.3988	436.1413	406.6416
	(3,3,4,4,5,5)	0.1	3.7481	3.7478	1.9091
		0.3	20.5894	20.6175	20.4815
		0.5	432.8368	433.0190	404.6823
	(4,6,7,8,9,10)	0.1	3.7445	3.7439	1.9817
		0.3	21.0878	21.1351	21.7924
		0.5	439.0939	439.8691	424.6981

ตาราง 15 (ต่อ)

(a,b)	n	C.V.	BIAS รวม		
			ANOVA	BOOT	MLE
(2,4)	(3,3,3,3,3,3,3,3)	0.1	33.2876	0.1422	35.0569
		0.3	4.3321	28.7026	2.6254
		0.5	351.0165	458.3911	305.8056
	(3,3,3,3,4,4,4,4)	0.1	36.2946	1.2100	38.2965
		0.3	15.5897	18.3065	16.6304
		0.5	225.0216	381.9471	195.2879
	(3,3,3,4,4,4,5,5)	0.1	37.9538	3.3704	60.9911
		0.3	20.4291	23.4242	19.5701
		0.5	376.2997	549.0266	327.3605
	(3,4,5,6,7,8,9,10)	0.1	37.4699	1.2660	38.9470
		0.3	27.2277	22.6921	30.3220
		0.5	244.4112	463.1737	210.4414

เมื่อพิจารณาค่าความเอนเอียงรวม พบว่าที่ระดับปัจจัย $(a,b)=(2,2)$ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงรวมต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น $(3,5,9,12)$ และ $C.V.=0.1$ วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงรวมต่ำที่สุด ส่วนที่ $C.V.=0.5$ วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงรวมต่ำที่สุด

ที่ระดับปัจจัย $(a,b)=(2,3)$ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงรวมต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น $(4,6,7,8,9,10)$ และ $C.V.=0.3$ วิธีคลาสสิกให้ค่าความเอนเอียงรวมต่ำที่สุด

ที่ระดับปัจจัย $(a,b)=(2,4)$ ในทุกขนาดหน่วยทดลอง ที่ $C.V.=0.1$ วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงรวมต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น $(3,3,3,3,3,3,3,3)$, $(3,3,3,3,4,4,4,4)$ และ $(3,3,3,4,4,4,5,5)$ ที่ $C.V.=0.3$ และ 0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความเอนเอียงรวมต่ำที่สุด เมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น $(3,4,5,6,7,8,9,10)$ และ $C.V.=0.3$ วิธีบูตสเตรปให้ค่าความเอนเอียงรวมต่ำที่สุด

3. ผลการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนรวม

ค่าความแปรปรวนของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A , B และความคลาดเคลื่อนจำแนกตามระดับปัจจัย ขนาดหน่วยทดลอง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน สามารถพิจารณาได้จากตาราง 16

ตาราง 16 แสดงค่าความแปรปรวนรวม (VAR)

(a,b)	n	C.V.	VAR รวม		
			ANOVA	BOOT	MLE
(2,2)	(3,3,3,3)	0.1	0.0438	0.0391	0.2212
		0.3	354.3291	286.9927	383.5985
		0.5	74108	59442	81653
	(3,3,4,4)	0.1	0.7885	0.7949	1.2073
		0.3	247.3496	198.9794	268.4254
		0.5	58919	47533	64343
	(3,4,5,6)	0.1	0.0183	0.0160	0.7146
		0.3	166.9493	141.5567	174.7705
		0.5	41261	34373	44388
	(3,5,9,12)	0.1	0.2947	0.2858	19.7464
		0.3	172.7372	148.2027	275.2615
		0.5	21394	18191	24299
(2,3)	(3,3,3,3,3,3)	0.1	0.1585	0.1514	0.2672
		0.3	176.1908	124.9691	193.7356
		0.5	41310	30069	46834
	(3,3,3,4,4,4)	0.1	2.6923	2.6686	3.3225
		0.3	147.3994	111.3250	154.4533
		0.5	31524	22921	35148
	(3,3,4,4,5,5)	0.1	0.0497	0.0482	0.2074
		0.3	122.0458	95.3043	130.6831
		0.5	27289	21240	29628
	(4,6,7,9,9,10)	0.1	0.0516	0.0497	0.2593
		0.3	53.5136	44.3516	54.4161
		0.5	12712	10446	13481

ตาราง 16 (ต่อ)

(a,b)	n	C.V.	VAR รวม		
			ANOVA	BOOT	MLE
(2,4)	(3,3,3,3,3,3,3)	0.1	784.1291	59.0478	860.5004
		0.3	4853.5	623.9038	5599.2
		0.5	53561	30740	58283
	(3,3,3,3,4,4,4,4)	0.1	568.9427	90.5866	601.7032
		0.3	983.4187	54.2716	1115.5
		0.5	13471	11026	15705
	(3,3,3,4,4,4,5,5)	0.1	788.4805	236.1068	666.8773
		0.3	1557.5	179.0144	1570
		0.5	45558	33059	45490
	(3,4,5,6,7,8,9,10)	0.1	579.6567	88.4810	527.7802
		0.3	1408.1	219.1415	1762
		0.5	13958	8287	14115

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวนรวมในทุกระดับปัจจัย ทั้งขนาดหน่วยทดลองที่มีลักษณะสมดุลงและไม่สมดุลง พบว่าวิธีบูตสเตรปให้ค่าความแปรปรวนรวมต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นเมื่อระดับปัจจัย $(a,b) = (2,2)$ ที่ขนาดหน่วยทดลองเป็น $(3,3,4,4)$ และ $C.V. = 0.1$ วิธีคลาสสิกให้ค่าความแปรปรวนรวมต่ำที่สุด

4. ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวม

ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของปัจจัย A, B และความคลาดเคลื่อนจำแนกตามระดับปัจจัย ขนาดหน่วยทดลอง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน สามารถพิจารณาได้จากตาราง 17

ตาราง 17 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวม (MSE)

(a,b)	n	C.V.	MSE รวม		
			ANOVA	BOOT	MLE
(2,2)	(3,3,3,3)	0.1	6.1299	5.9249	5.3904
		0.3	777.3276	631.3243	912.6996
		0.5	219120	175320	222230
	(3,3,4,4)	0.1	6.8249	6.6506	6.6585
		0.3	687.5275	525.8415	826.9060
		0.5	211040	163500	215530
	(3,4,5,6)	0.1	6.1962	6.0410	6.7290
		0.3	634.3571	475.7125	772.8242
		0.5	194820	151930	201210
	(3,5,9,12)	0.1	6.4133	6.2985	15.5284
		0.3	902.5154	714.4893	883.8885
		0.5	187570	147220	209280
(2,3)	(3,3,3,3,3,3)	0.1	6.2521	6.0406	5.2819
		0.3	563.7550	423.1850	627.3859
		0.5	178190	136640	164540
	(3,3,3,4,4,4)	0.1	8.7115	8.5118	8.2722
		0.3	571.4106	406.9565	640.7912
		0.5	177530	130240	167120
	(3,3,4,4,5,5)	0.1	6.2045	6.0391	5.1420
		0.3	541.0938	385.8791	622.1923
		0.5	172560	128770	163750
	(4,6,7,8,9,10)	0.1	6.2718	6.1674	5.3231
		0.3	567.9427	426.6987	689.3270
		0.5	184100	146360	187030

ตาราง 17 (ต่อ)

(a,b)	n	C.V.	MSE รวม		
			ANOVA	BOOT	MLE
(2,4)	(3,3,3,3,3,3,3)	0.1	2479.4	59.2242	3470
		0.3	5515.7	1290.8	6539.2
		0.5	118890	156700	108020
	(3,3,3,3,4,4,4,4)	0.1	2148.8	96.6084	2736.3
		0.3	1626.1	267.6755	1918.6
		0.5	40448	92242	38017
	(3,3,3,4,4,4,5,5)	0.1	3778.044	252.3518	3359.1
		0.3	3213.5	601.8204	3118
		0.5	110050	181300	94451
	(3,4,5,6,7,8,9,10)	0.1	1957.1	94.2773	2299.1
		0.3	2554	595.4165	3184.2
		0.5	54039	151470	48779

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวม พบว่าที่ระดับปัจจัย (a,b)=(2,2) วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น (3,3,3,3) และ C.V.=0.1 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมต่ำที่สุด

ที่ระดับปัจจัย (a,b)=(2,3) ทุกขนาดหน่วยทดลอง และ C.V.=0.1 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.=0.3 และ 0.5 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมต่ำที่สุด

ที่ระดับปัจจัย (a,b)=(2,4) ทุกขนาดหน่วยทดลอง และ C.V.=0.1 และ 0.3 วิธีบูตสเตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมต่ำที่สุด ส่วนที่ C.V.=0.5 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมต่ำที่สุด