บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้จำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยเทคนิคมันติคาร์โล โดยจะกระทำซ้ำ ๆ ในแต่ละสถานการณ์ แต่วิธีการประมาณบางวิธีต้องใช้เวลาในการคำนวณมากคือ วิธี MAXIMUM LIKELIHOOD กับวิธี I-MINIMUM VARIANCE QUADRATIC UNBIASED ESTIMATER และเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างมากขึ้น ก็ยิ่งใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นด้วย ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงได้กระทำซ้ำ ๆ กันเพียง 200 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ขึ้นอยู่กับรูปแบบของแผนการทดลอง ขนาดตัวอย่าง (n) อัตราส่วนของแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ ($\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$) และสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) ของค่าสังเกต โดยที่รูปแบบของแผนการทดลองคือ 2x 2 และ 3x3 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 อัตราส่วนของแวเรียนซ์-คอมโพเนนท์เท่ากับ 1:1:1:1,2:1:1:1:, 1:2:1:1, 2:2:1:1, 1:1:2:1, 2:1:2:1, 1:2:2:1, 2:2:2:1 และสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนเท่ากับ 0.1, 0.5, 0.9 รวมทั้งหมด 96 สถานการณ์ที่นำมาเสนอในผลการวิจัยครั้งนี้

เกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์แต่ละวิธีในการวิจัยครั้งนี้ จะพิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแต่ละตัวคือ MSE ($\hat{\sigma}^2_\alpha$), MSE ($\hat{\sigma}^2_\beta$), MSE ($\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$), MSE($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวม คือ MSE($\hat{\sigma}_\alpha$) +MSE ($\hat{\sigma}^2_\beta$)+ MSE($\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$)+MSE($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$) ผลที่ได้ดังต่อไปนี้

4.1 กรณีที่ขนาดตัวอย่าง = 10 และแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2x2

4.1.1 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 (A-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\alpha$

ตารางที่ 1 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\alpha$)) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสามและวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัว-ประมาณมากที่สุด

รูปที่ 1 - รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\alpha$)) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$ (รูปที่ 1) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$ (รูปที่ 5) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$ (รูปที่ 7) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA กับวิธี ML เพิ่มขึ้น ส่วนวิธี MIVQUE กับวิธี I-MIVQUE ลดลงแต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

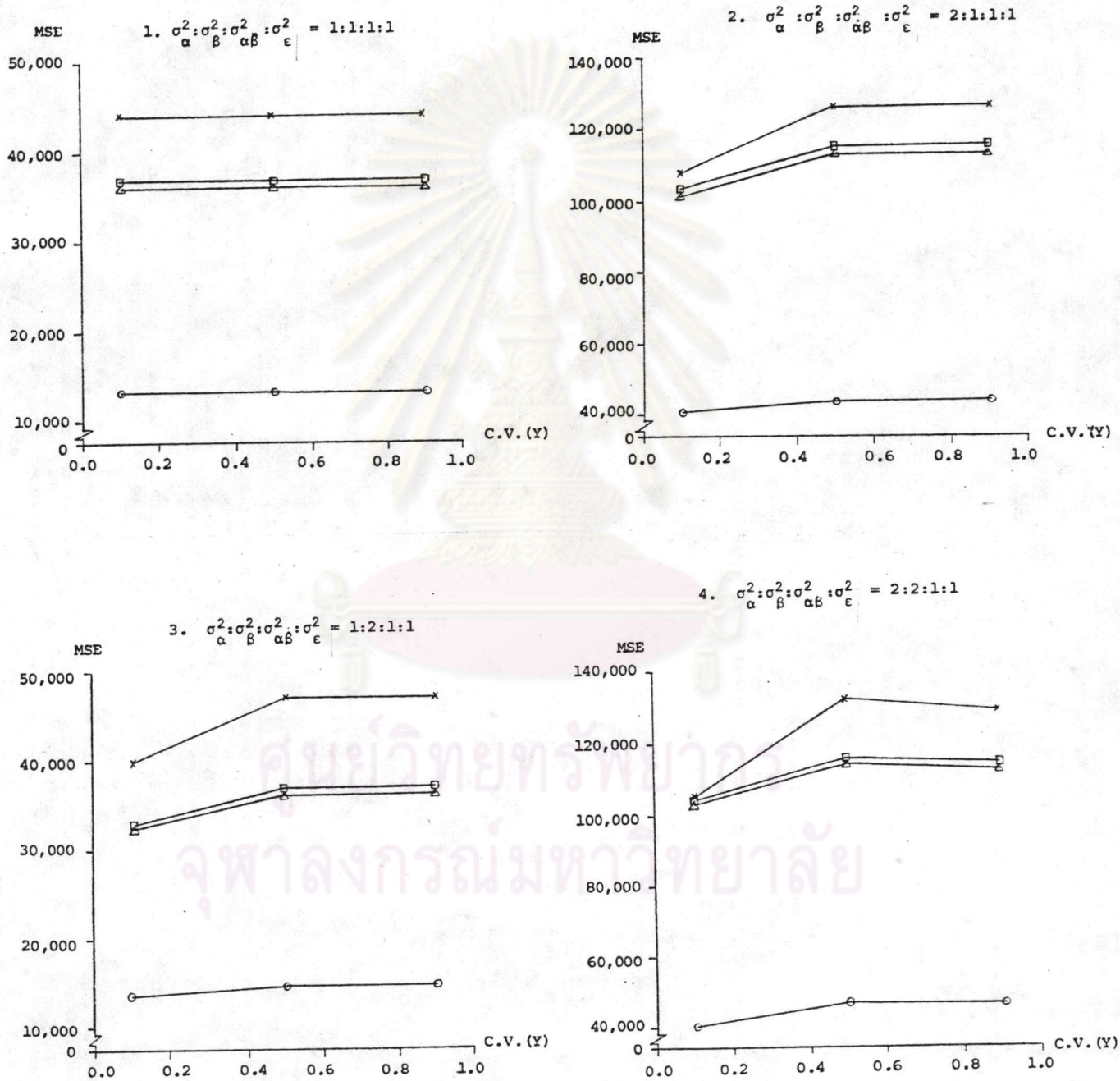
สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ของทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณไม่เปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\alpha$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 2x2

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี	100(MSE ของแต่ละวิธี /MSE ของวิธีANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$	ANOVA	วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	44081.9785	29.7993	81.7511	83.5533
	2:1:1:1	107737.7653	38.0248	93.8199	95.8103
	1:2:1:1	39742.1182	33.9740	80.8551	82.4376
	2:2:1:1	104609.2653	38.6946	97.3160	98.9004
	1:1:2:1	74590.7188	23.2232	77.9681	80.1993
	2:1:2:1	148419.3903	30.3430	86.8966	89.0744
	1:2:2:1	70917.0469	24.2704	74.8236	76.6079
	2:2:2:1	141687.0468	32.1101	89.2475	91.4014
0.5	1:1:1:1	44067.5918	29.9099	81.7781	83.5754
	2:1:1:1	125668.9688	34.5606	89.8485	91.5603
	1:2:1:1	46953.8281	31.2816	77.3143	78.5121
	2:2:1:1	132120.1870	34.8604	85.6772	87.1363
	1:1:2:1	70504.9844	21.9237	70.5223	72.6992
	2:1:2:1	166706.9528	29.5123	81.8192	84.2306
	1:2:2:1	74758.4844	23.8037	67.0177	68.4675
	2:2:2:1	175066.3745	29.1378	78.2800	80.1399
0.9	1:1:1:1	44067.1592	29.9744	81.7793	83.5765
	2:1:1:1	125668.2343	34.5686	89.8508	91.5601
	1:2:1:1	46953.4131	31.3139	77.3142	78.5123
	2:2:1:1	127713.2028	35.4128	87.0258	88.5276
	1:1:2:1	70504.3594	21.9907	70.5221	72.6999
	2:1:2:1	166706.4057	29.5020	81.8216	84.2319
	1:2:2:1	74757.7500	23.8191	67.0193	68.4688
	2:2:2:1	174994.8438	29.1653	78.3115	80.1743

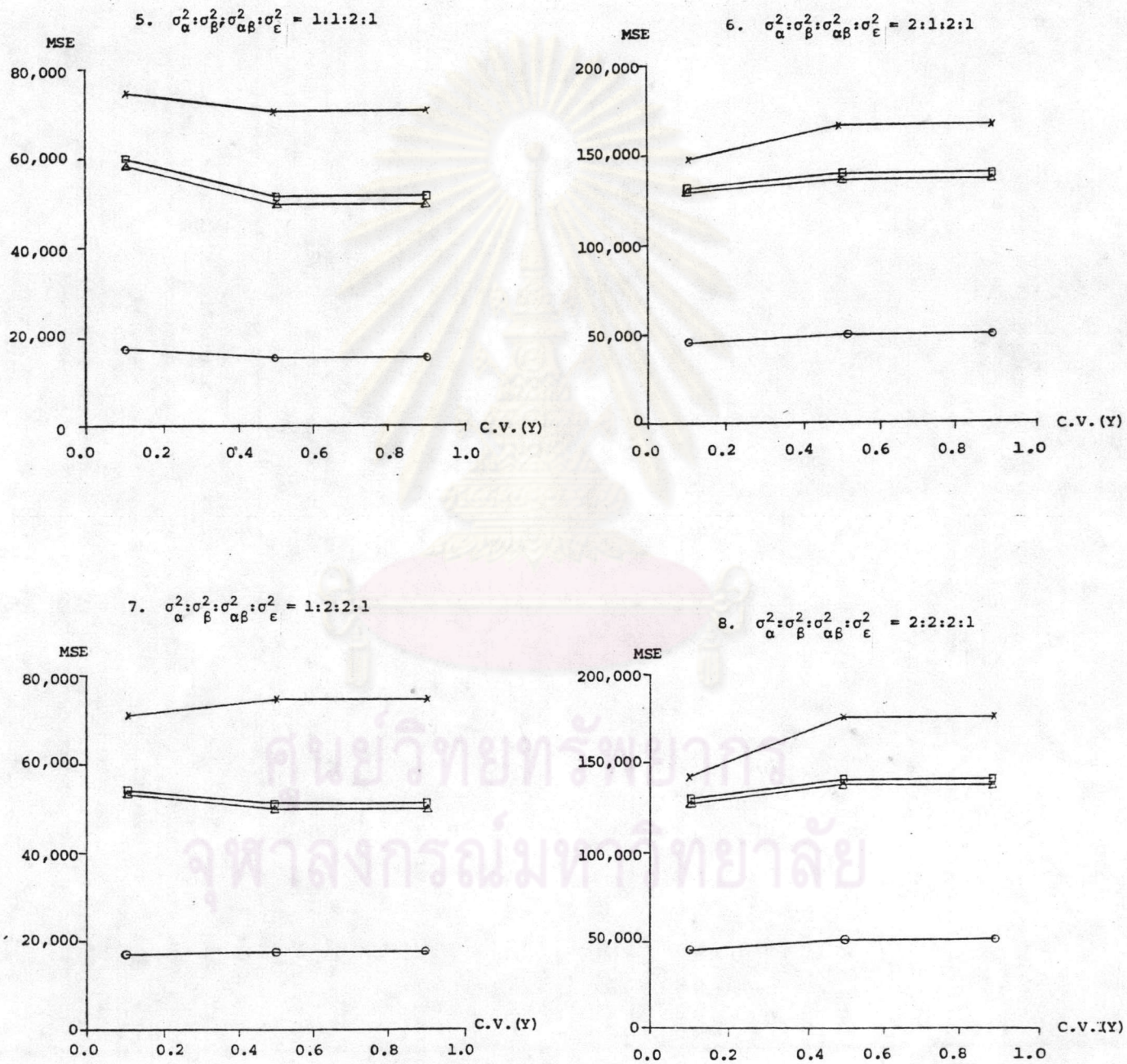
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 $(MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha))$ ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ ขนาด 2 x 2 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i 17065483

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\alpha$)) ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10



4.1.2 <u>การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 (B-Effect)</u> คือ $\hat{\sigma}^2_\beta$

ตารางที่ 2 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมากที่สุด ยกเว้นสถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ และ C.V.(Y) = 0.1 , 0.9 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี I-MIVQUE เล็กน้อย

รูปที่ 9 - รูปที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$ (รูปที่ 9) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 12) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$ (รูปที่ 13) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

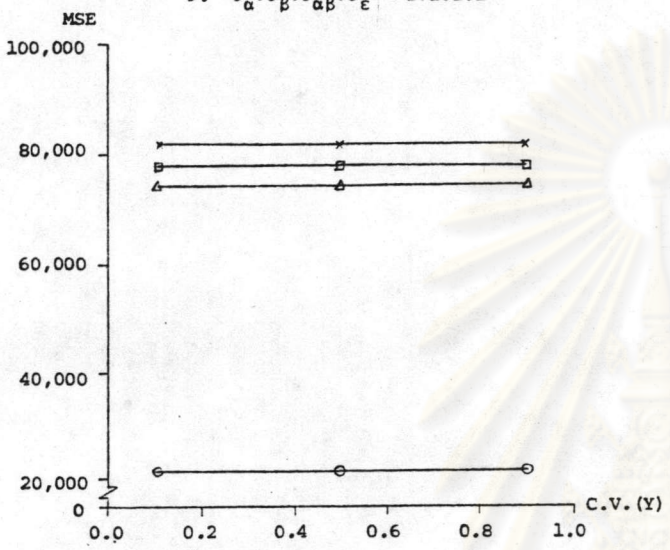
ตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\beta$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 2 x 2

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี 3 MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	81635.3906	26.2583	91.1098	95.5029
	2:1:1:1	80580.0419	28.0905	92.6123	95.8580
	1:2:1:1	167559.1718	30.6618	95.4516	99.6097
	2:2:1:1	146712.3278	35.9927	97.8534	101.3719
	1:1:2:1	130301.4655	25.4938	86.4703	90.6908
	2:1:2:1	115423.1561	22.8961	78.0661	82.8027
	1:2:2:1	181219.6563	27.9233	80.1898	86.3380
	2:2:2:1	170999.3905	31.3805	89.3236	90.5636
0.5	1:1:1:1	81622.9219	26.1526	91.1061	95.5051
	2:1:2:1	82574.3124	27.8811	91.0684	94.1985
	1:2:1:1	197467.3278	28.0644	96.0135	99.9179
	2:2:1:1	199311.5620	30.4018	95.4188	98.8109
	1:1:2:1	135497.4683	23.7690	86.8278	90.9721
	2:1:2:1	136213.6870	24.3710	85.8919	90.1754
	1:2:2:1	281991.9683	25.3457	91.1770	95.4044
	2:2:2:1	283525.4215	26.0649	91.1594	94.5627
0.9	1:1:1:1	81622.5781	26.0933	91.1060	95.5054
	2:1:2:1	82573.8906	27.8870	91.0662	94.1984
	1:2:1:1	197466.8125	28.0682	96.0133	99.9169
	2:2:1:1	181021.7813	31.2347	97.7908	101.5105
	1:1:2:1	135496.7500	23.6785	86.8265	90.9717
	2:1:2:1	136212.9370	24.3845	85.8920	90.1774
	1:2:2:1	281991.6563	25.3318	91.1767	95.4044
	2:2:2:1	283520.3125	26.0839	91.1939	94.5964

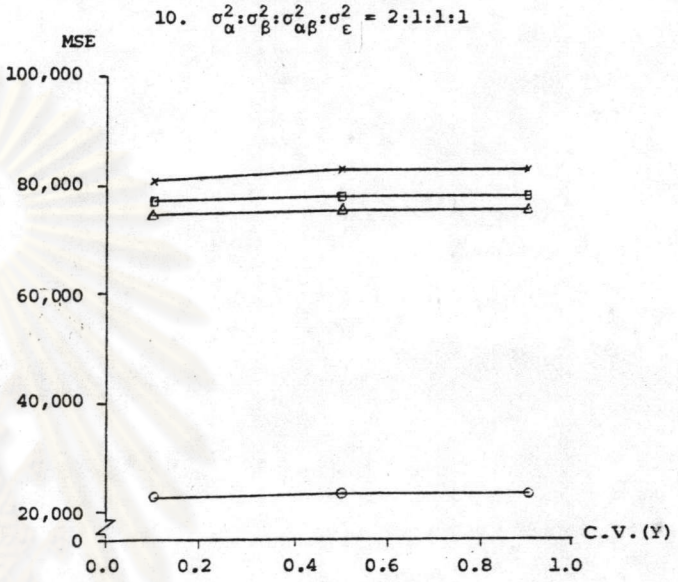
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนอัคอมโพเนนท์ที่2 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\beta$))

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

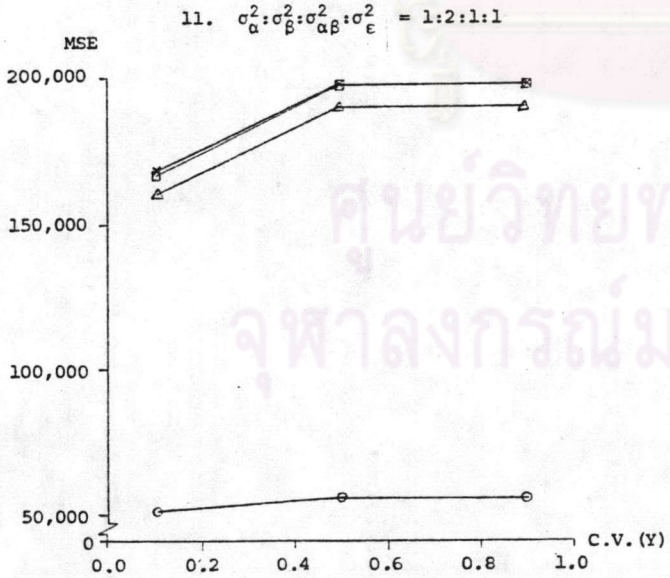
9. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1



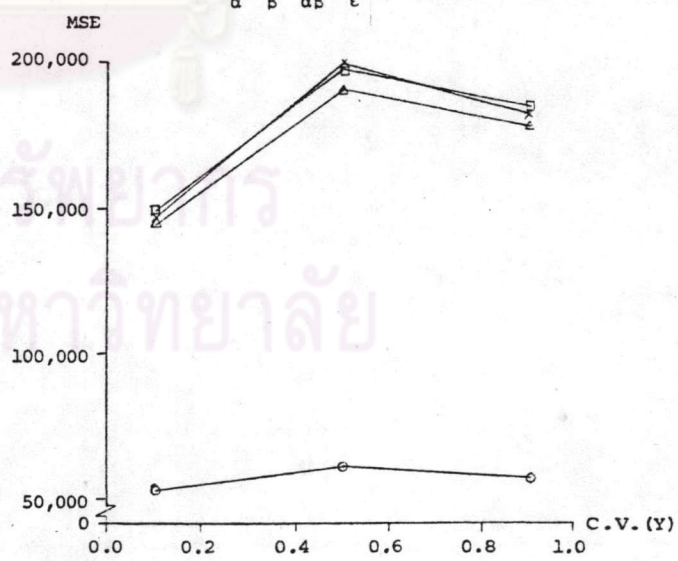
10. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1



11. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1



12. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1

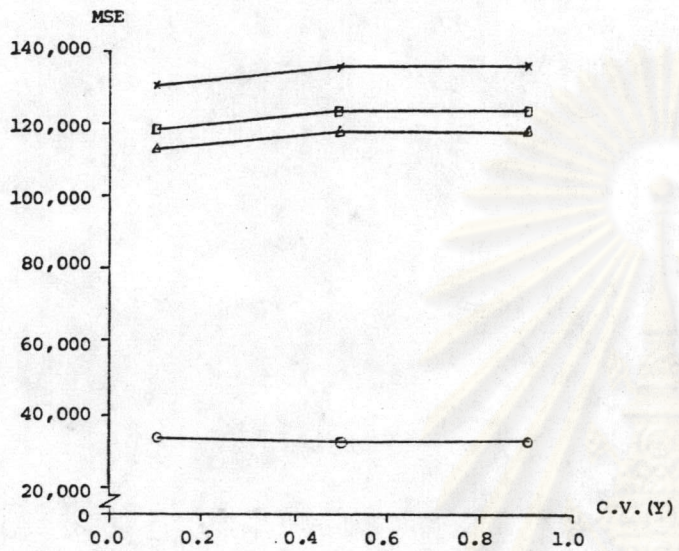


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

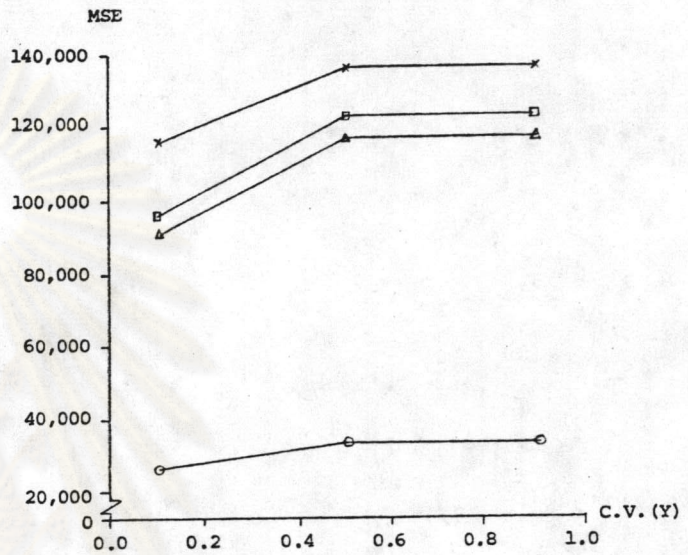
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนอ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$) ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

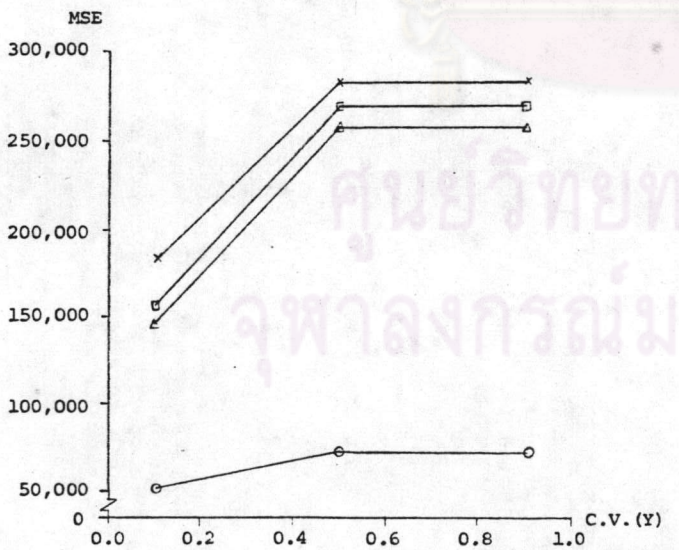
13. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



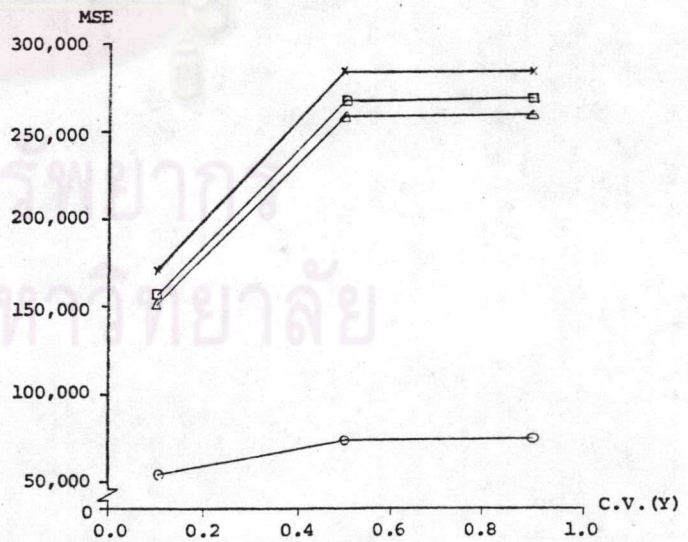
14. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



15. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



16. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 (AB-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$

ตารางที่ 3 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$) ปรากฏว่า วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยกว่าทุก ๆ วิธี ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1 , 1:2:2:1 , 2:2:2:1 ที่ทำให้วิธี ML มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยกว่าวิธี ANOVA

รูปที่ 17-รูปที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์ คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1 (รูปที่ 18), 2:1:2:1 (รูปที่ 22), 1:2:2:1 (รูปที่ 23) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ลดลง ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1 (รูปที่ 20) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ML วิธี MIVQUE และวิธี I-MIVQUE เพิ่มขึ้น ส่วนวิธี ANOVA เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น จาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงเลย

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1 (รูปที่ 24) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML เพิ่มขึ้นส่วนวิธีอื่น ๆ ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น

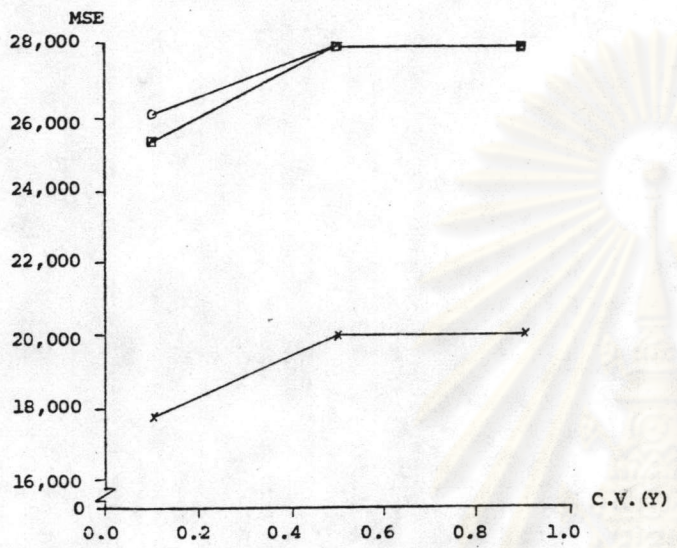
สถานการณ์อื่นๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2

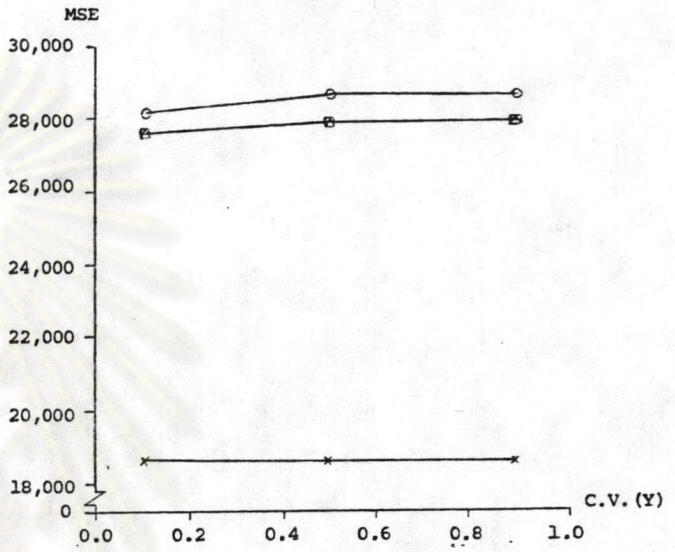
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี /MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (%)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	17740.3213	147.2367	142.7179	142.6525
	2:1:1:1	18616.2940	151.3216	148.1831	148.1627
	1:2:1:1	18109.5195	138.2937	139.4157	139.3940
	2:2:1:1	17526.3057	165.0750	148.8064	148.8063
	1:1:2:1	60211.4776	102.6181	127.6189	127.5479
	2:1:2:1	71886.7637	91.7018	114.2379	114.1701
	1:2:2:1	71285.2041	98.4103	118.2495	118.2188
	2:2:2:1	84125.8262	84.7752	110.3867	110.3994
0.5	1:1:1:1	20039.5430	139.1662	139.2031	139.1638
	2:1:1:1	18581.1641	153.9410	150.1229	150.1073
	1:2:1:1	18943.9063	164.9513	147.2395	147.2162
	2:2:1:1	17566.4219	181.8543	158.7838	158.7786
	1:1:2:1	64600.6826	120.8390	135.0285	135.0126
	2:1:2:1	63111.3848	137.2893	138.2201	138.2007
	1:2:2:1	64390.8418	122.0102	135.4703	135.4542
	2:2:2:1	55520.7588	155.4916	142.2175	142.2450
0.9	1:1:1:1	20040.2832	139.1603	139.1961	139.1592
	2:1:1:1	18581,7519	153.9336	150.1178	150.1017
	1:2:1:1	18944.6045	164.9428	147.2336	147.2097
	2:2:1:1	17518.8408	182.2094	158.9931	158.9885
	1:1:2:1	64601.2666	120.8375	135.0274	135.0089
	2:1:2:1	63112.0986	137.2875	138.2185	138.2026
	1:2:2:1	64391.3125	122.0135	135.4701	135.4528
	2:2:2:1	62836.9717	146.1676	138.8223	138.8119

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนย์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

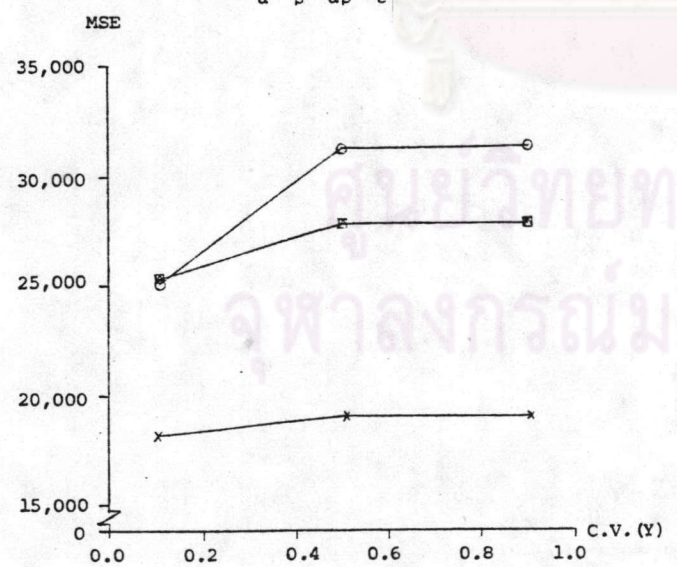
17. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1



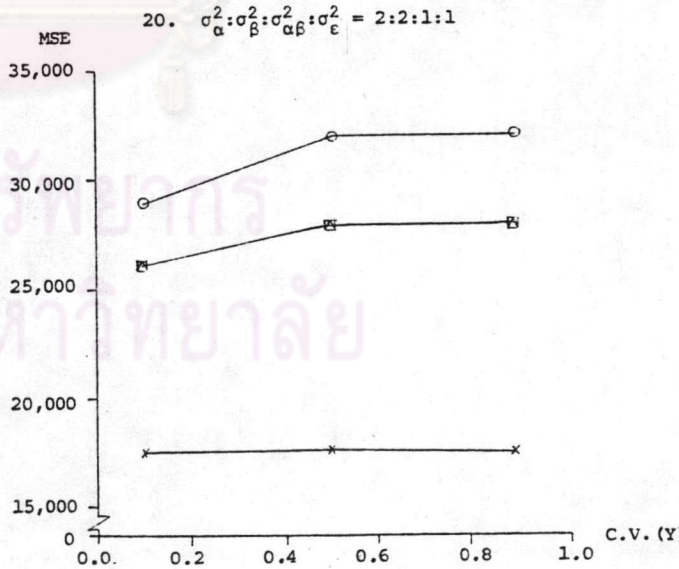
18. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1



19. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1



20. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1

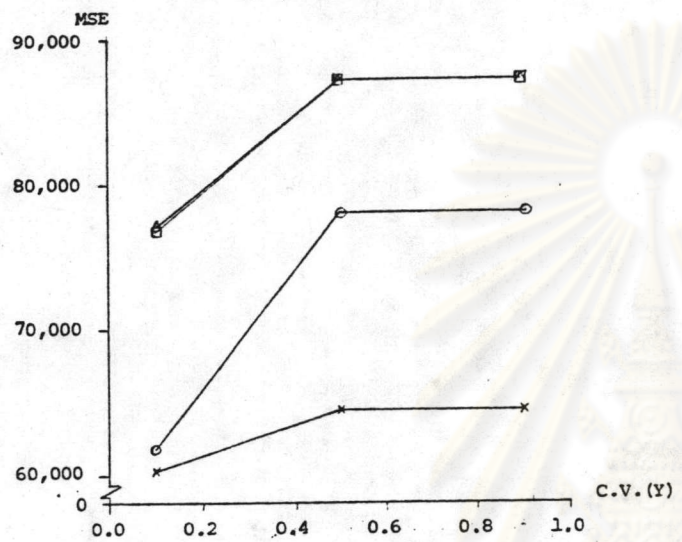


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

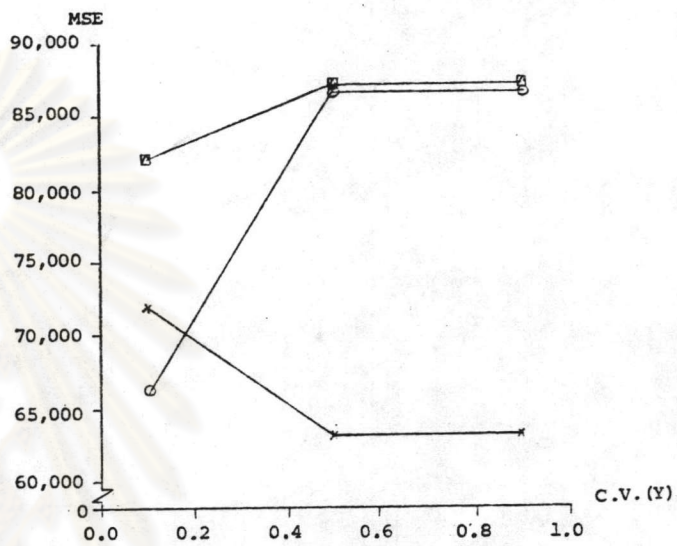
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 $(MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}))$ ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

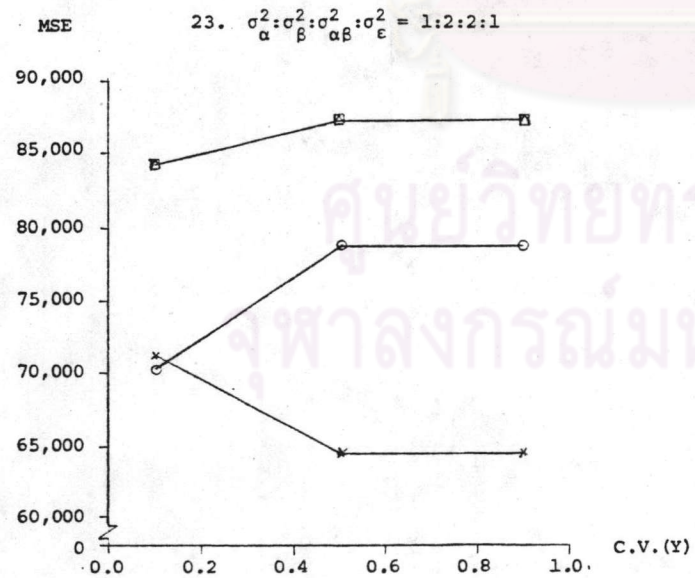
21. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$



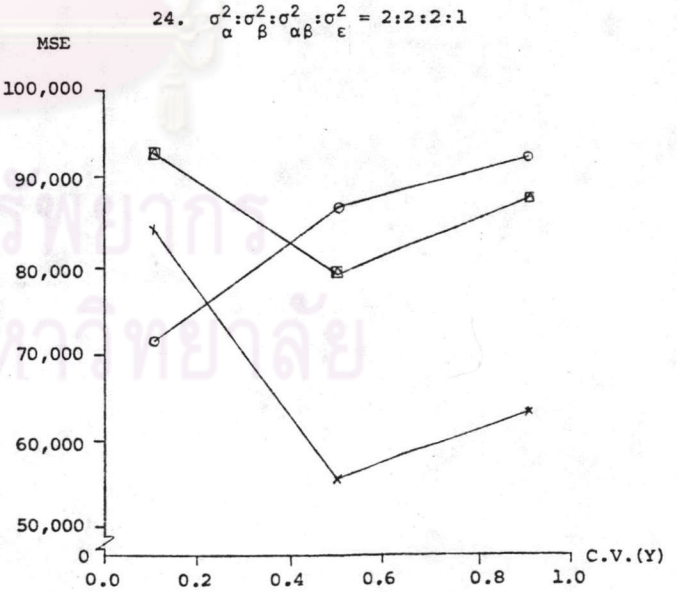
22. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$



23. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$



24. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 <u>การประมาณค่าแวเรียนซ์ คอมโพเนนท์ ที่ 4 (E-Effect)</u> คือ $\hat{\sigma}^2_\varepsilon$

ตารางที่ 4 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ น้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณมากที่สุดแต่มากกว่ากันไม่มากนัก

รูปที่ 25-รูปที่ 32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$ (รูปที่ 25), $2:1:1:1$ (รูปที่ 26) , $1:1:2:1$ (รูปที่ 29) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$ (รูปที่ 27) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้นเล็กน้อยส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 28) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลงเล็กน้อย

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$ (รูปที่ 32) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น

สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

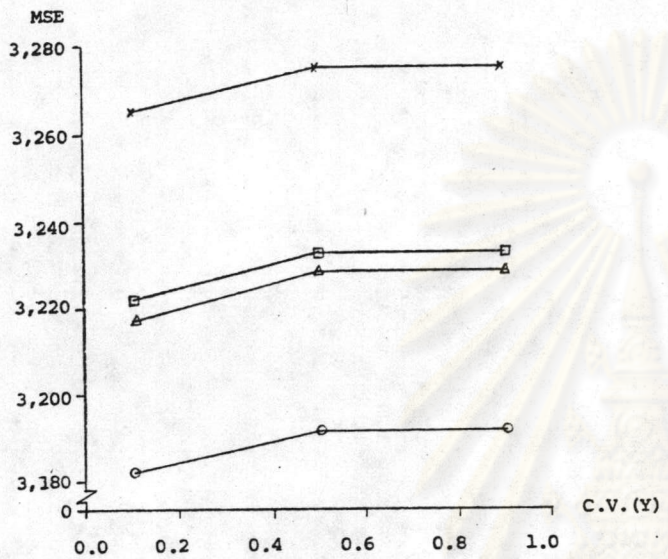
ตารางที่ 4 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\varepsilon$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 2 x 2

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100 (MSE ของแต่ละวิธี / MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธีMIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	3264.7842	97.4533	98.5332	98.6873
	2:1:1:1	3249.3062	97.4205	98.6590	98.9464
	1:2:1:1	3322.9948	97.2355	98.4149	98.6054
	2:2:1:1	3416.6436	97.2927	98.3461	98.8948
	1:1:2:1	3257.1128	97.8410	98.6661	98.9295
	2:1:2:1	3287.4842	97.6309	98.4656	98.9375
	1:2:2:1	3421.4855	98.0010	98.4202	98.9335
	2:2:2:1	3473.3738	97.8439	98.4933	98.8558
0.5	1:1:1:1	3274.5645	97.4580	98.5819	98.7113
	2:1:1:1	3274.5502	97.5620	98.7667	99.0634
	1:2:1:1	3274.5496	97.3186	98.5252	98.6510
	2:2:1:1	3274.5212	97.3773	98.4976	98.9687
	1:1:2:1	3274.5701	97.9758	98.8102	99.0267
	2:1:2:1	3274.5593	97.6915	98.5328	99.0338
	1:2:2:1	3274.5660	97.9378	98.5120	98.9584
	2:2:2:1	3264.6915	97.8724	98.4741	98.9537
0.9	1:1:1:1	3274.5732	97.4574	98.5822	98.7118
	2:1:1:1	3274.5626	97.5614	98.7665	99.0635
	1:2:1:1	3274.5689	97.3179	98.5257	98.6508
	2:2:1:1	3269.7042	97.3725	98.4910	98.9671
	1:1:2:1	3274.5648	97.9755	98.8114	99.0276
	2:1:2:1	3274.5634	97.6911	98.5337	99.0344
	1:2:2:1	3274.5723	97.9381	98.5131	98.9591
	2:2:2:1	3274.5641	97.8746	98.4764	98.9528

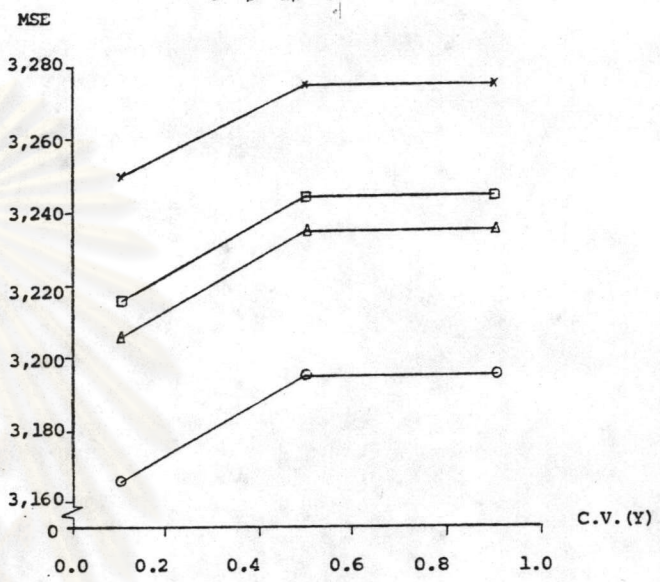
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$))

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

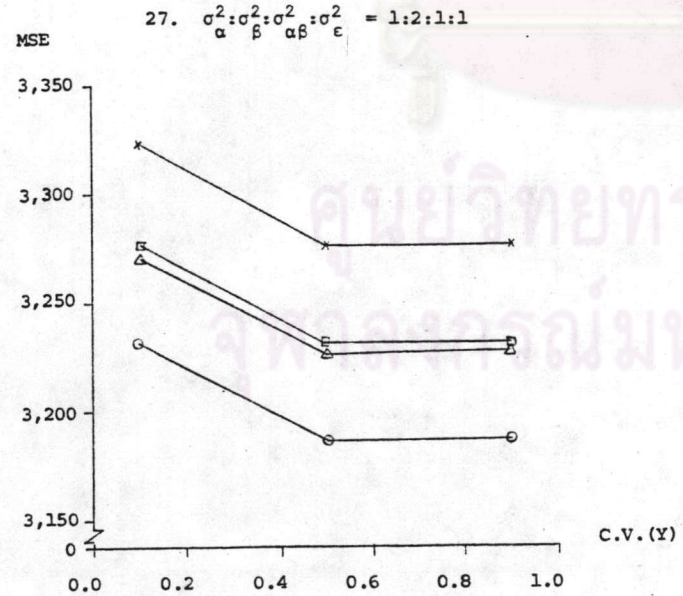
25. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1



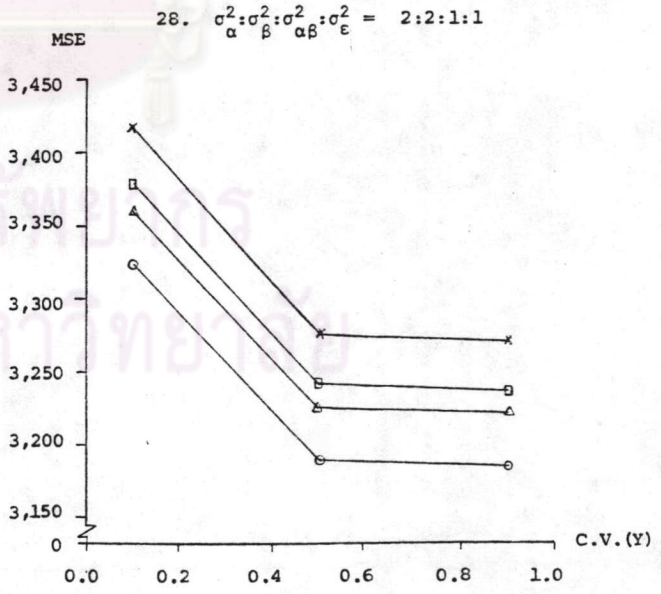
26. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1



27. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1



28. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1

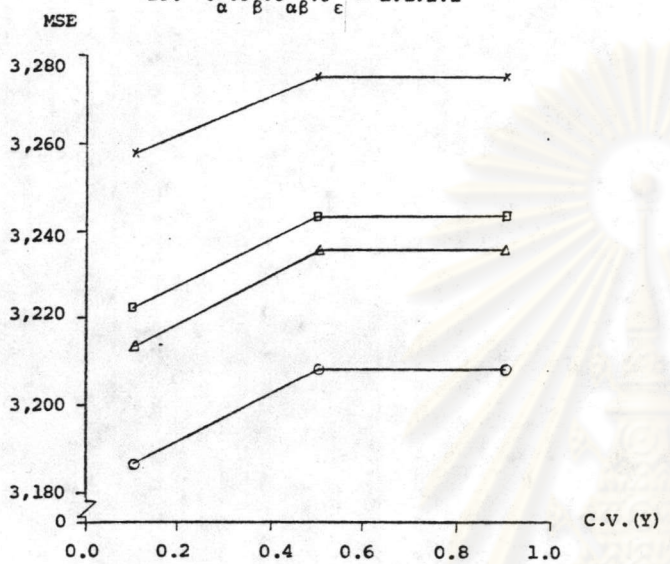


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

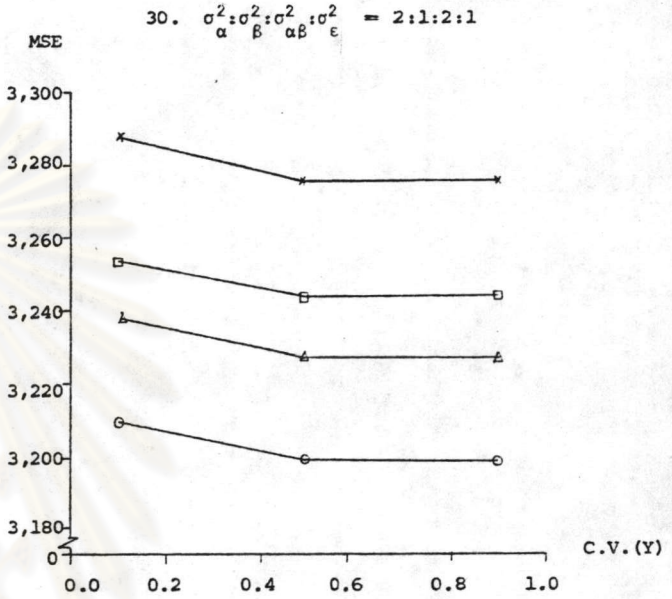
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$)) ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

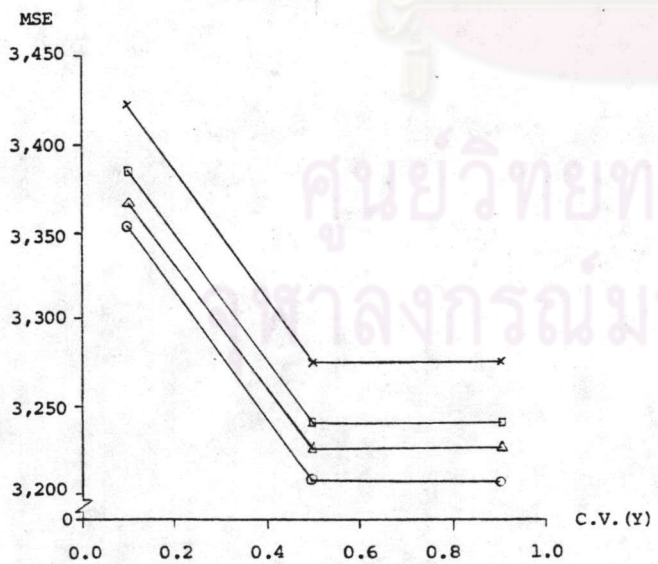
29. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



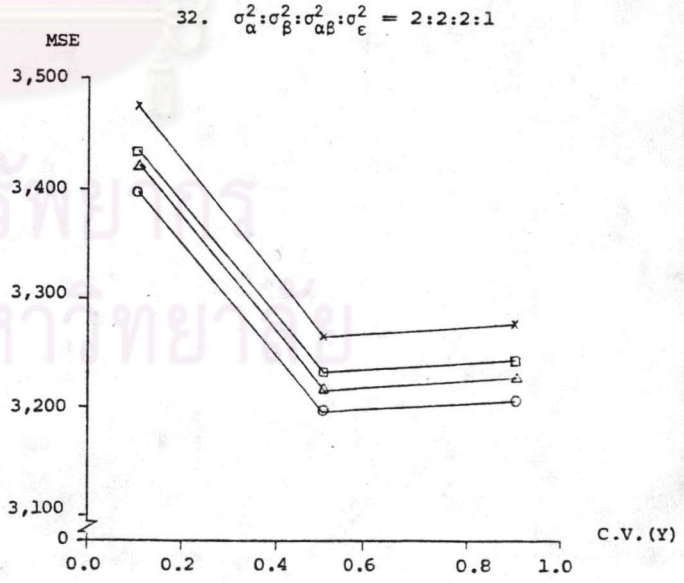
30. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



31. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



32. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.5 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ รวมทั้ง 4 ตัว

ตารางที่ 5 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์รวมกัน $(MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)+MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)+MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})+MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon))$ ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยเป็นอันดับสาม วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมมากที่สุด ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยกว่าวิธี MIVQUE สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1 ,2:2:1:1 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยกว่าวิธี I-MIVQUE

รูปที่ 33-รูปที่ 40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแต่ละคอมโพเนนท์รวมกัน $(MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)+MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)+MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})+MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon))$ กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1 (รูปที่ 35) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมโดยวิธี I-MIVQUE เพิ่มขึ้น ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1 (รูปที่ 36) 2:1:2:1 (รูปที่ 38) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีลดลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1 (รูปที่ 37) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้นเมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$ (รูปที่ 40) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้นแต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมโดยวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้นน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

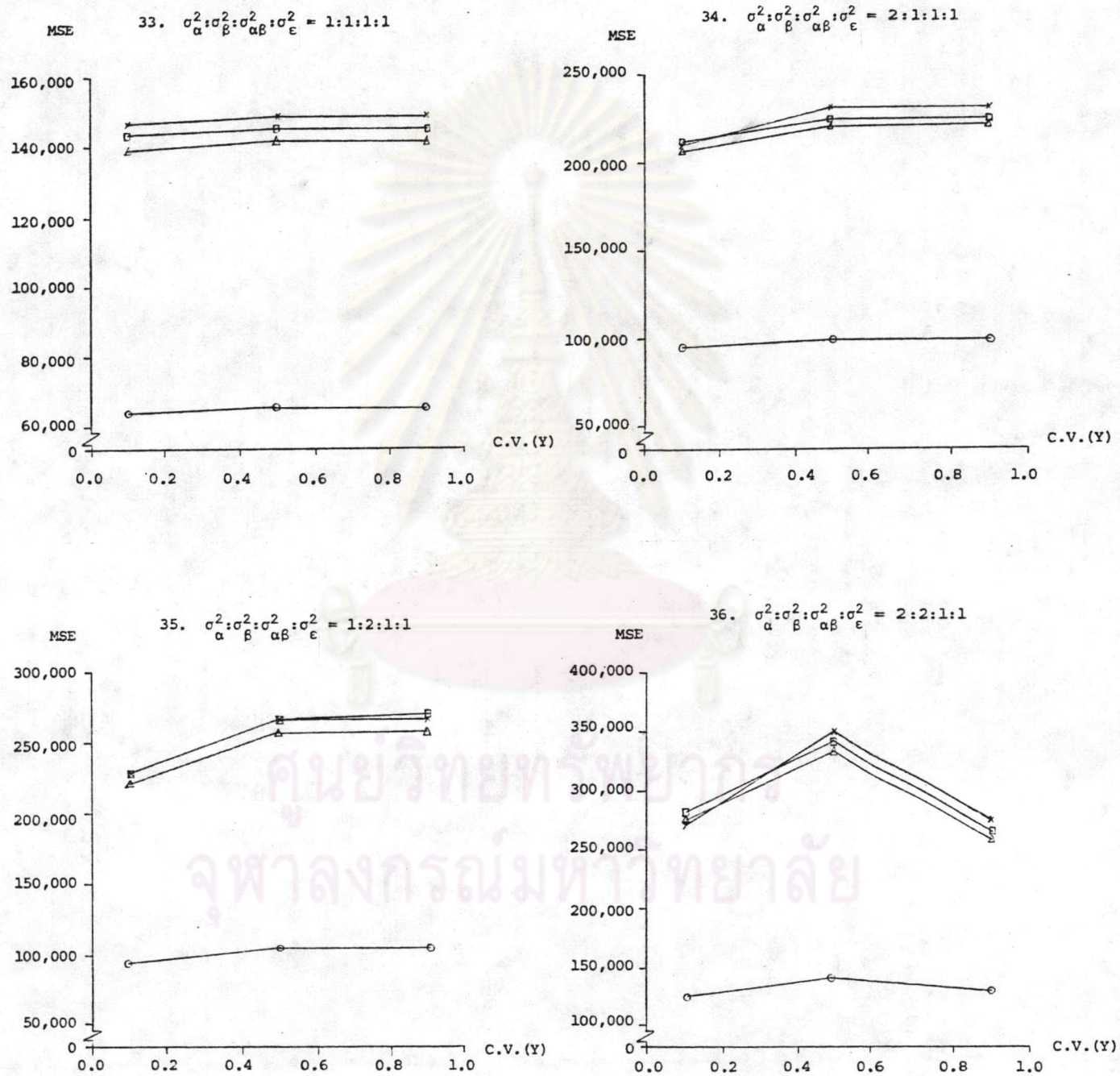
สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมไม่เปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวม โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 การทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 2 x 2

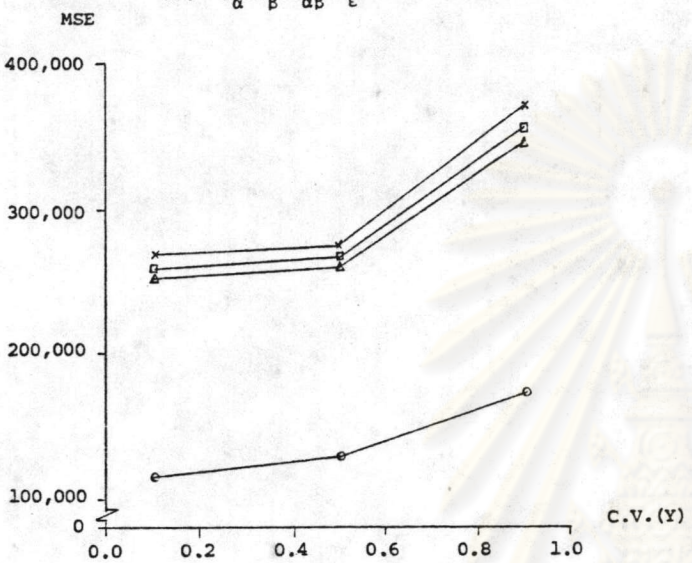
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100 (MSE ของแต่ละวิธี / MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	146722.4746	43.5340	94.7032	97.6844
	2:1:1:1	210183.4073	45.1693	98.2468	100.5140
	1:2:1:1	228733.8043	40.7260	96.4393	99.7613
	2:2:1:1	272264.5424	46.1094	100.9331	103.4447
	1:1:2:1	268360.7746	43.0450	93.4876	96.1442
	2:1:2:1	339016.7943	42.3558	89.7999	92.3576
	1:2:2:1	326843.3927	43.2377	87.5172	91.3119
	2:2:2:1	400285.6373	43.4371	93.8030	95.1009
0.5	1:1:1:1	149004.6212	44.0300	94.9802	97.9190
	2:1:1:1	230098.9954	42.7005	95.2805	97.3417
	1:2:1:1	266639.6118	39.2068	96.3910	99.4933
	2:2:1:1	352272.6921	40.2489	94.9536	97.4241
	1:1:2:1	273877.7054	47.0788	94.1428	96.7524
	2:1:2:1	369306.5838	46.6387	93.1080	95.7776
	1:2:2:1	424415.8604	40.2998	93.6981	96.7632
	2:2:2:1	517377.2463	41.4468	78.5907	94.8270
0.9	1:1:1:1	149004.5937	44.0163	94.9799	97.9192
	2:1:1:1	230098.4395	42.7067	95.2807	97.3412
	1:2:1:1	266639.3990	39.2151	96.3906	99.4923
	2:2:1:1	273876.9408	47.0499	94.1420	96.7517
	1:1:2:1	369306.0047	46.6390	93.1090	95.7793
	2:1:2:1	329523.5291	41.5367	96.8793	99.5092
	1:2:2:1	424415.2911	40.2939	93.6983	96.7633
	2:2:2:1	524626.6920	41.9428	92.6470	95.1089

ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

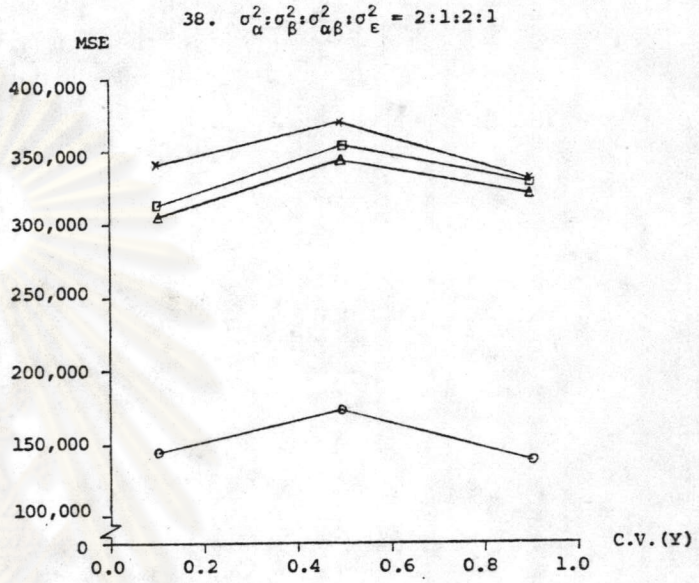


ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

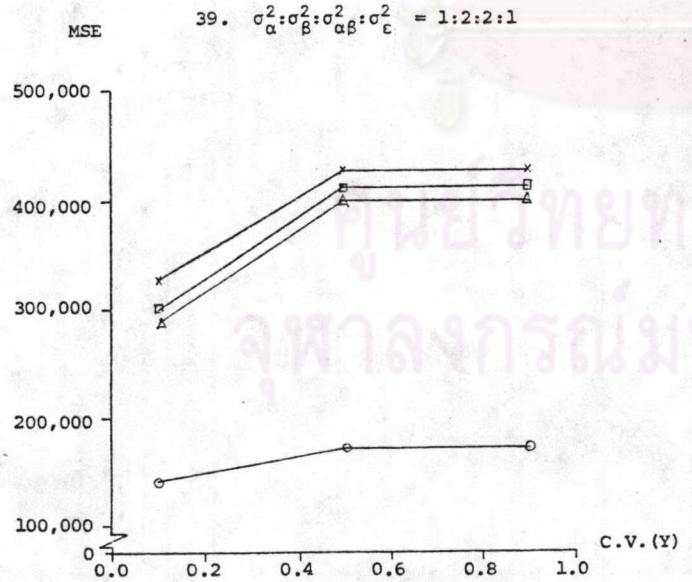
37. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:1:2:1$



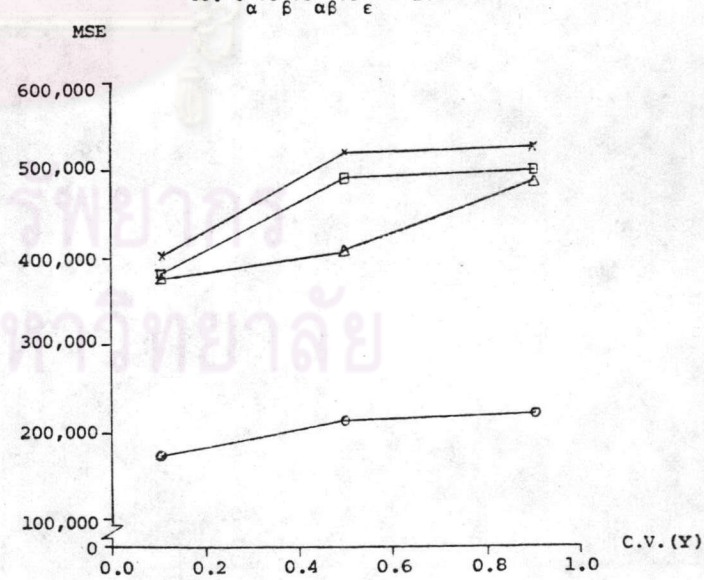
38. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:1:2:1$



39. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:2:2:1$



40. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:2:2:1$



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

4.2 กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ ขนาด 3x3

4.2.1 การประมาณค่าแวเรียนซ์ คอมโพเนนท์ ที่ 1 (A-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\alpha$

ตารางที่ 6 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์ คอมโพเนนท์ ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุดวิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อย เป็นอันดับสอง วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อย เป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณมากที่สุด

รูปที่ 41-รูปที่ 48 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์ คอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$ (รูปที่ 42) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML ลดลง ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$ (รูปที่ 43) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ไม่เปลี่ยนแปลงวิธี ML เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนวิธี MIVQUE กับวิธี I-MIVQUE ลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 44) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML ไม่เปลี่ยนแปลงส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:1:2:1$ (รูปที่ 45) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA กับวิธี ML ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธี MIVQUE กับวิธี I-MIVQUE ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:2:2:1$ (รูปที่ 47), $2:2:2:1$ (รูปที่ 48) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น

สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

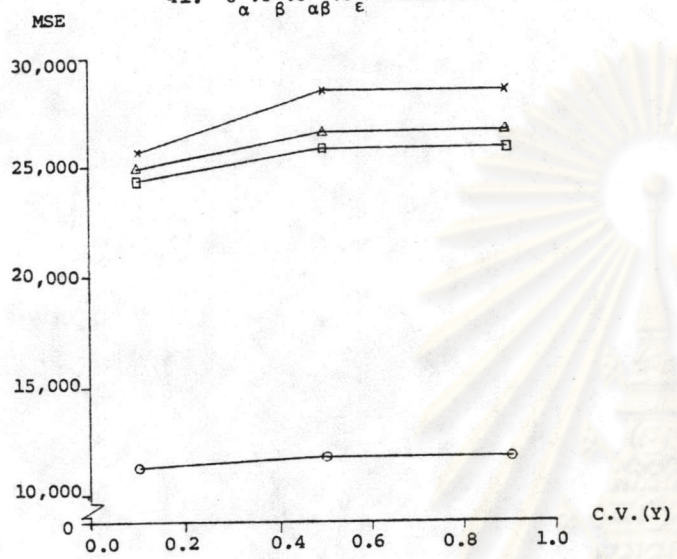
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\alpha$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

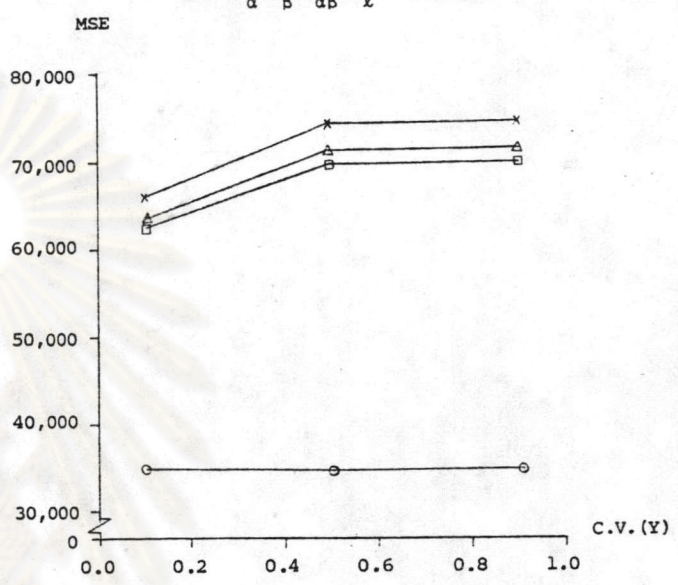
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี	100 (MSE ของแต่ละวิธี / MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V.(Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$	ANOVA	วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	25599.5732	43.8911	97.3724	94.8730
	2:1:1:1	66009.0488	52.8942	95.9606	94.5381
	1:2:1:1	27074.2793	43.3277	92.4096	90.5250
	2:2:1:1	70601.8438	48.4958	95.2169	94.0032
	1:1:2:1	41413.8672	37.5189	86.4186	85.7591
	2:1:2:1	83343.5759	46.0127	95.2142	94.1998
	1:2:2:1	40340.6719	39.1796	84.0150	83.3918
	2:2:2:1	92482.9372	43.7471	89.3965	88.7369
0.5	1:1:1:1	28358.0078	41.1284	93.6149	90.9869
	2:1:1:1	74267.3750	46.5879	95.8936	93.9763
	1:2:1:1	27090.0566	43.5026	92.0966	89.4364
	2:2:1:1	72901.0313	46.9897	95.1094	93.5051
	1:1:2:1	40438.2676	35.1061	83.1040	80.3964
	2:1:2:1	95009.7185	42.9025	91.1726	90.2917
	1:2:2:1	33910.8477	39.6316	83.3077	83.2629
	2:2:2:1	99375.4375	40.3881	79.6239	80.0622
0.9	1:1:1:1	28357.5000	41.1163	93.6241	90.9892
	2:1:1:1	74266.5625	46.5790	95.8956	93.9762
	1:2:1:1	29947.5195	41.1243	89.9080	87.3651
	2:2:1:1	77531.7500	45.5052	92.3724	90.6614
	1:1:2:1	40407.0039	35.0398	83.1762	80.9667
	2:1:2:1	95009.0310	42.9068	91.1788	90.2931
	1:2:2:1	42126.4336	37.4655	82.7413	82.2451
	2:2:2:1	98789.9688	42.9217	90.0159	89.3428

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

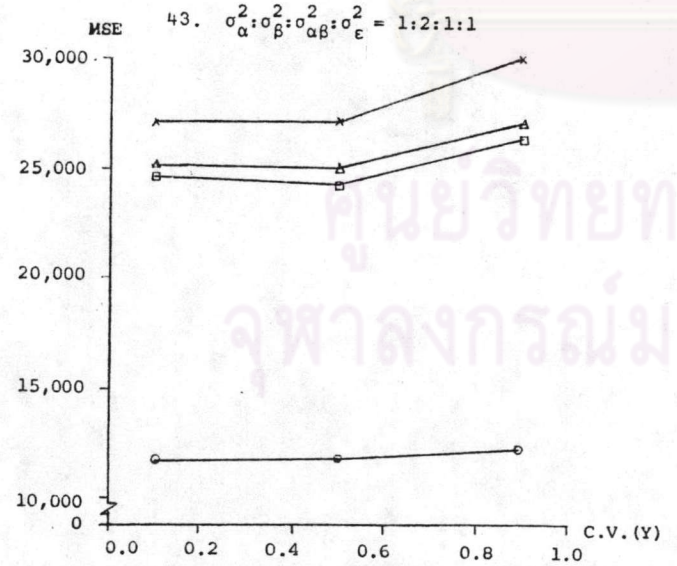
41. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$



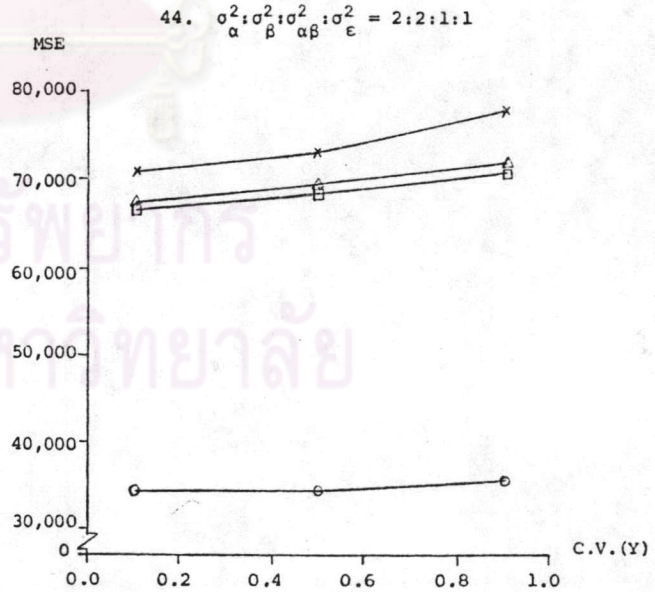
42. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$



43. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$



44. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$

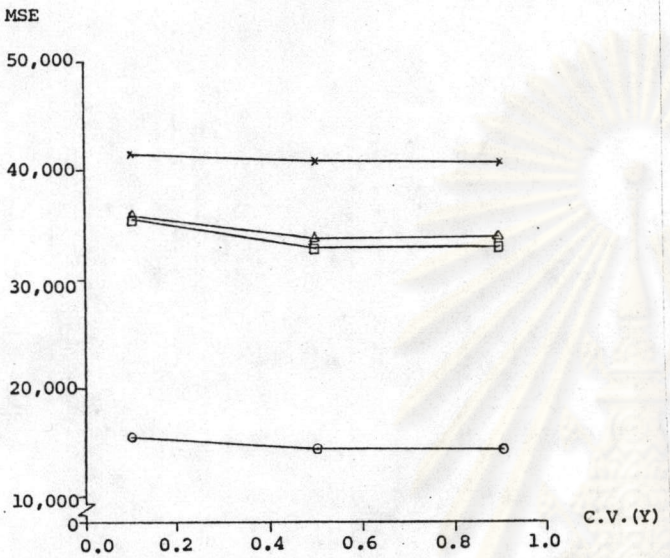


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

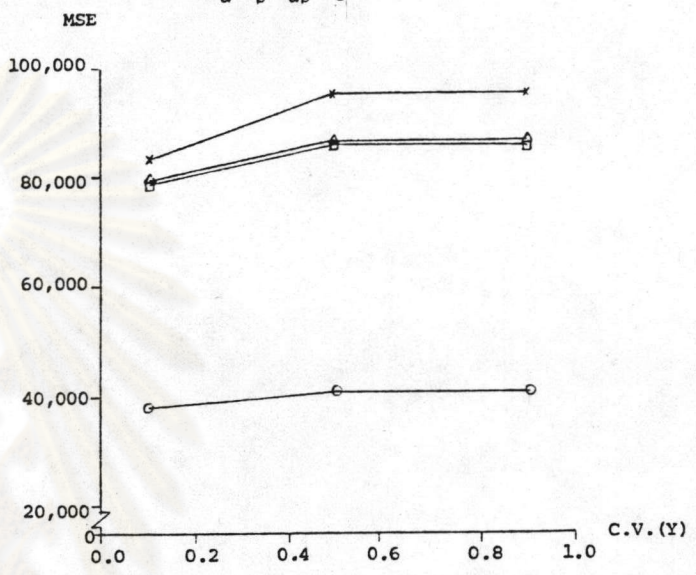
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนย์คอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

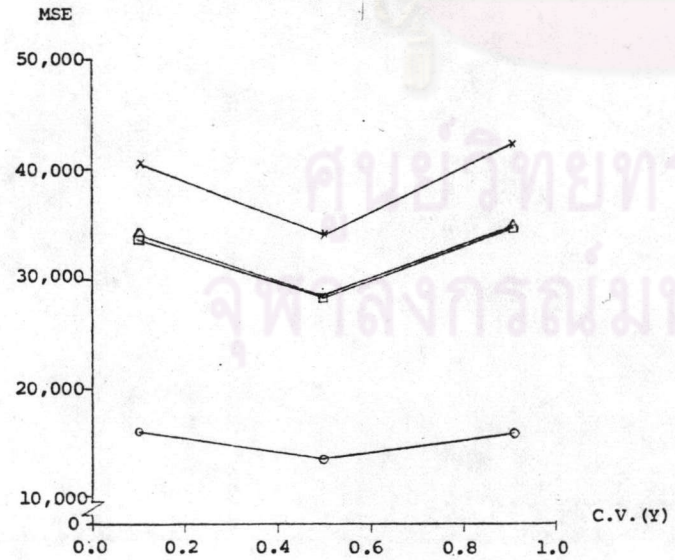
45. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



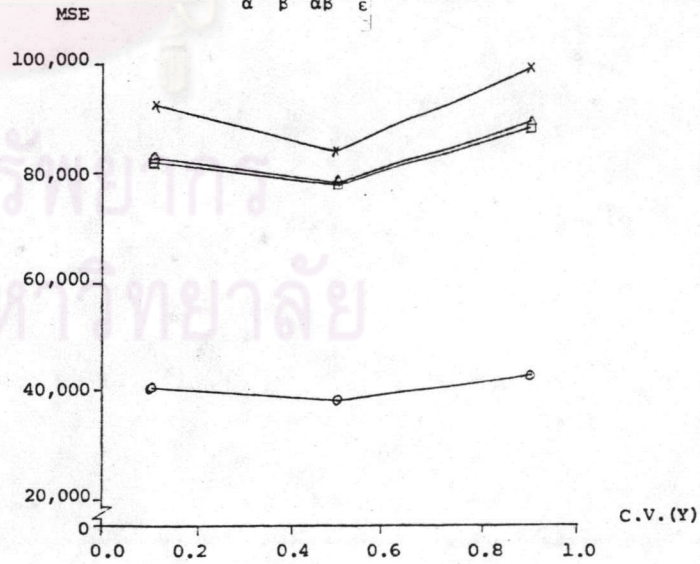
46. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



47. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



48. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

4.2.2 การประมาณค่าแวเรียนซ์ คอมโพเนนท์ที่ 2 (B-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\beta$

ตารางที่ 7 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุด วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณมากที่สุด ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$ วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี MIVQUE และวิธี I-MIVQUE เล็กน้อย

รูปที่ 49-รูปที่ 56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าแวเรียนซ์ คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$ (รูปที่ 50) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 52) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณเพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$ (รูปที่ 51), $1:2:2:1$ (รูปที่ 55) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี ลดลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$ (รูปที่ 53) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$ (รูปที่ 56) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA เพิ่มขึ้น วิธี I-MIVQUE ไม่เปลี่ยนแปลง วิธี ML กับวิธี MIVQUE ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธีANOVA ลดลง ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น

สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

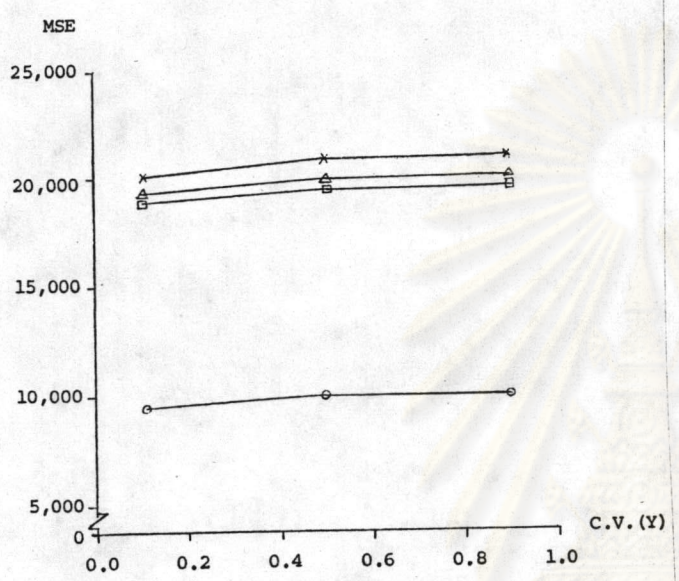
ตารางที่ 7 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\beta$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100 (MSE ของแต่ละวิธี / MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	20060.4131	47.0635	95.9680	93.9846
	2:1:1:1	23525.3262	45.9978	89.6438	89.1591
	1:2:1:1	51305.1221	55.6784	99.0539	97.5417
	2:2:1:1	54763.7686	52.2100	96.6303	94.6439
	1:1:2:1	31528.4942	35.2810	76.7546	75.2080
	2:1:2:1	32408.3731	39.6505	83.8265	83.2404
	1:2:2:1	59270.4160	54.0254	100.8677	100.8106
	2:2:2:1	64110.7852	53.0896	99.2138	98.0883
0.5	1:1:1:1	20805.2344	47.8984	95.6624	93.4691
	2:1:1:1	21512.3535	49.4397	94.5696	91.7759
	1:2:1:1	61438.2539	50.1569	95.0616	93.8786
	2:2:1:1	48967.9297	56.1700	99.1661	97.2018
	1:1:2:1	32778.3027	35.8576	76.2629	75.5874
	2:1:2:1	35681.1446	42.5122	88.1739	86.4648
	1:2:2:1	72189.6172	50.0706	98.6020	97.6571
	2:2:2:1	78989.8750	49.2240	91.5263	91.3068
0.9	1:1:1:1	20804.8672	47.8996	95.6665	93.4704
	2:1:1:1	21511.7578	49.4490	94.5665	91.7763
	1:2:1:1	50391.7734	55.4581	97.8496	96.1804
	2:2:1:1	51521.7422	54.2609	95.7909	93.7790
	1:1:2:1	32621.6328	36.1677	76.5511	75.8702
	2:1:2:1	35680.3340	42.5176	88.1690	86.4654
	1:2:2:1	61483.5371	49.3482	95.7449	94.7775
	2:2:2:1	69454.2285	49.9697	93.5011	92.2067

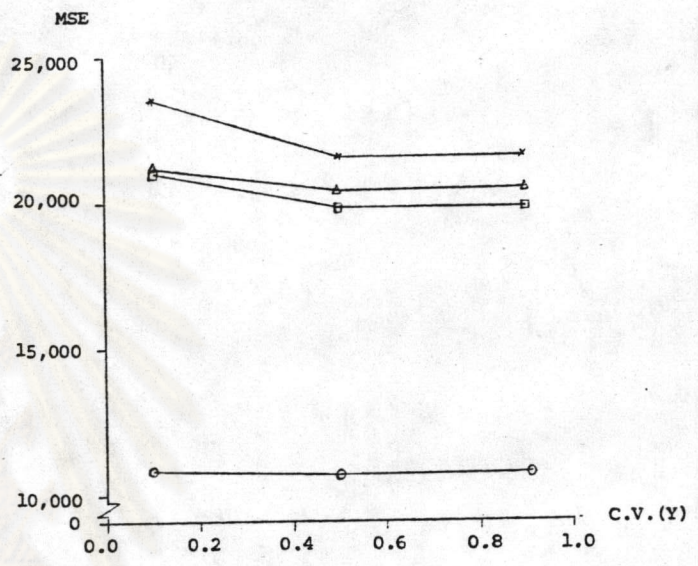
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$)

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

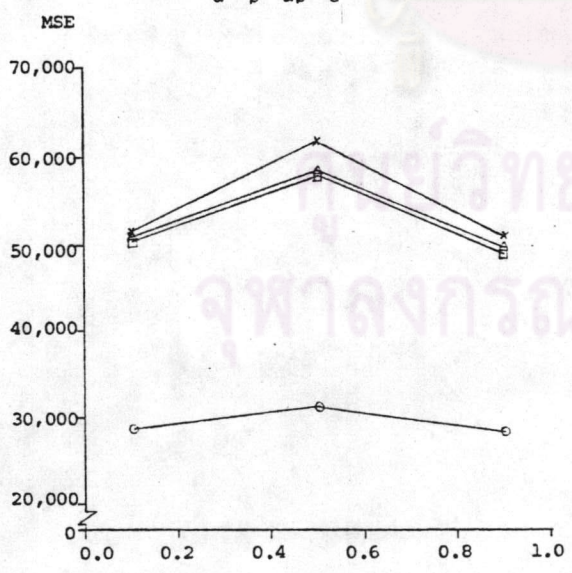
49. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$



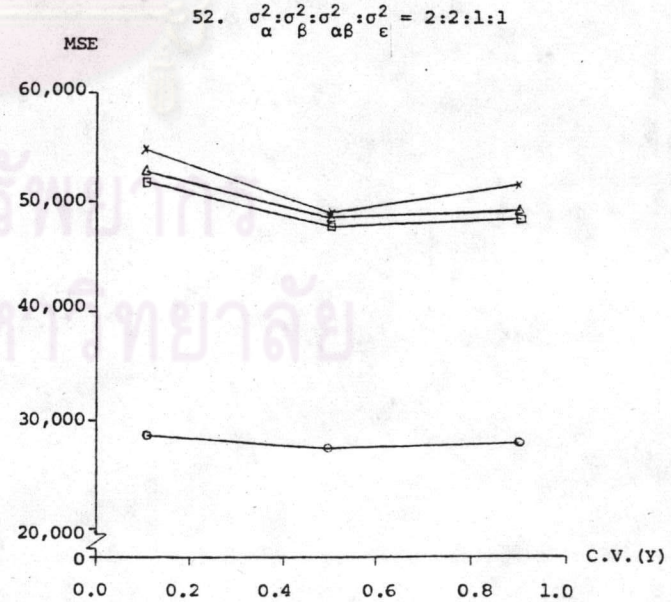
50. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$



51. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$



52. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$

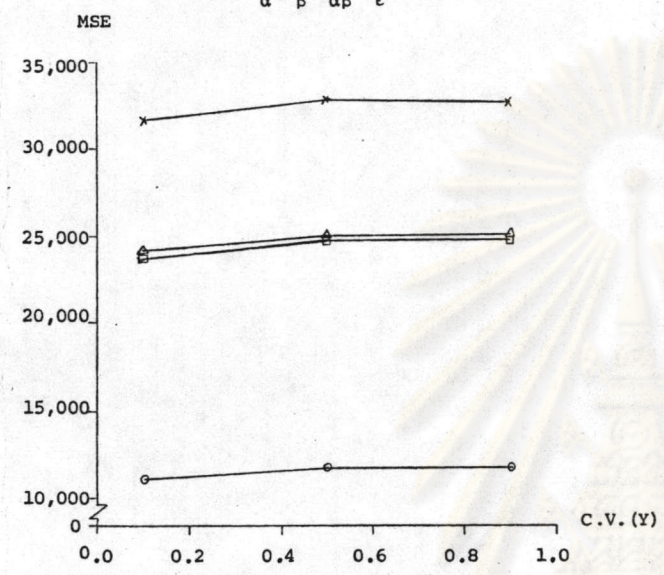


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

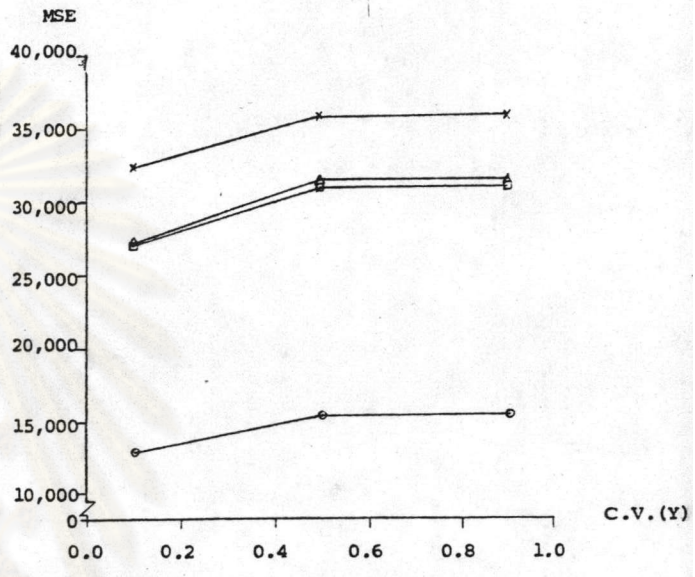
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนอัคอมโพเนนท์ที่ 2 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\beta$))

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

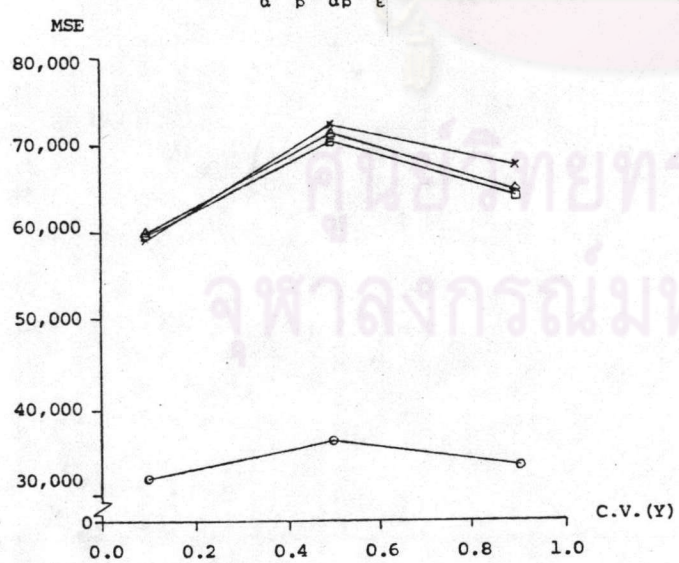
53. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



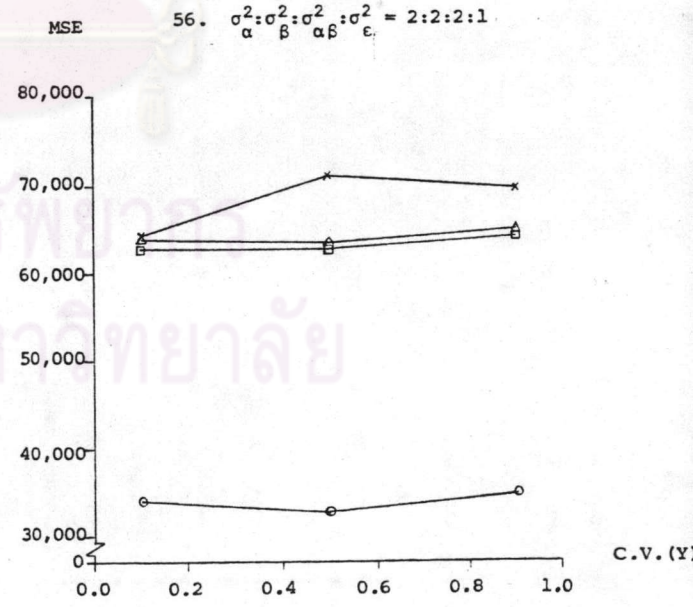
54. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



55. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



56. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

4.2.3 การประมาณค่าแวเรียนคอมโพเนนท์ที่ 3 (AB-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$

ตารางที่ 8 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$) ปรากฏว่าวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ คือ วิธี ML วิธี MIVQUE และวิธี I-MIVQUE แต่ทั้ง 3 วิธีนี้ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก

รูปที่ 57 - รูปที่ 64 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$ กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1 (รูปที่ 59), 1:2:2:1 (รูปที่ 63), 2:2:2:1 (รูปที่ 64) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 (รูปที่ 57) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1 (รูปที่ 60) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ML กับวิธี I-MIVQUE ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธี ANOVA กับวิธี MIVQUE ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1 (รูปที่ 61) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนวิธีอื่น ๆ ลดลงเล็กน้อย

สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

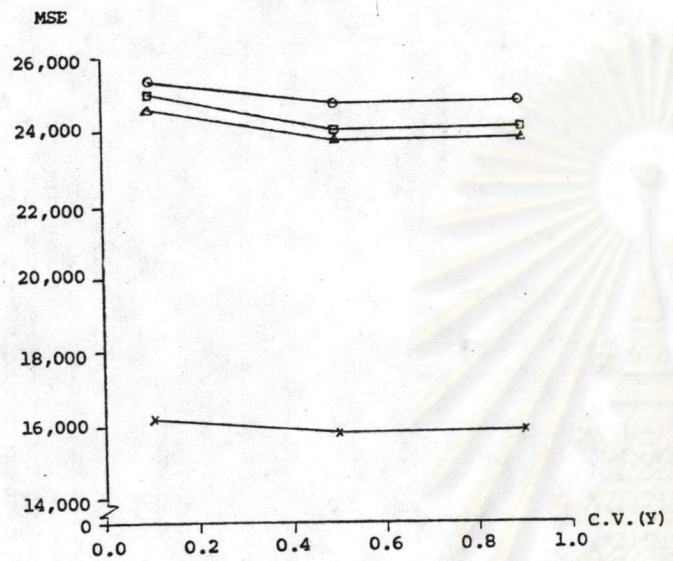
ตารางที่ 8 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลอง แบบไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี /MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	16151.1387	156.8474	152.1725	154.8832
	2:1:1:1	13134.4991	154.1632	139.7242	149.9565
	1:2:1:1	11836.8661	178.0446	160.4266	163.8657
	2:2:1:1	12027.8047	185.5444	164.2904	174.3508
	1:1:2:1	40970.7891	114.1213	114.6776	116.6425
	2:1:2:1	39659.3223	111.9994	110.7328	111.4416
	1:2:2:1	35568.4571	129.4747	124.6908	124.5489
	2:2:2:1	41910.2422	132.2747	128.2688	128.7259
0.5	1:1:1:1	15732.7070	156.5879	150.4715	152.4558
	2:1:1:1	14821.0293	161.2342	152.5492	159.2210
	1:2:1:1	10805.7579	182.4456	166.0303	175.3636
	2:2:1:1	14449.2539	169.9386	152.8662	162.6398
	1:1:2:1	37343.7579	118.0405	121.4843	120.7548
	2:1:2:1	44254.2129	125.8828	127.2285	126.6666
	1:2:2:1	34541.6387	128.3752	123.9310	123.1918
	2:2:2:1	37096.4883	148.6400	147.8025	147.1754
0.9	1:1:1:1	15733.2383	156.5654	150.4675	152.4489
	2:1:1:1	14821.4648	161.2215	152.5466	159.2161
	1:2:1:1	14992.2773	165.1462	152.7681	155.2365
	2:2:1:1	14499.6367	168.6326	152.3532	161.4700
	1:1:2:1	37348.1582	117.1885	121.0641	120.3312
	2:1:2:1	44254.3477	125.8801	127.2290	126.6681
	1:2:2:1	45081.0078	121.8180	120.0366	119.0545
	2:2:2:1	45365.7676	125.3789	123.4687	123.6589

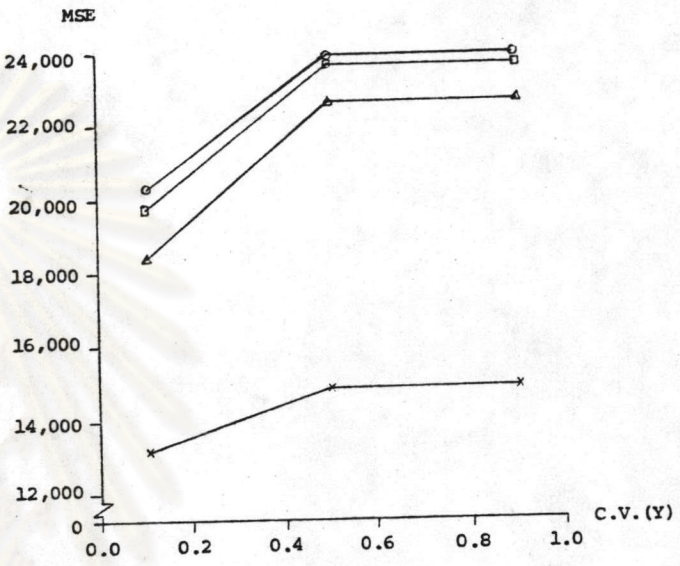
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$)

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

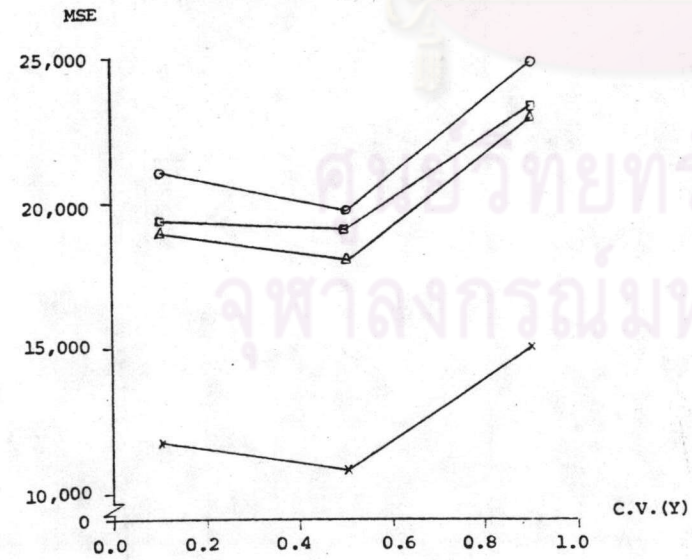
57. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1



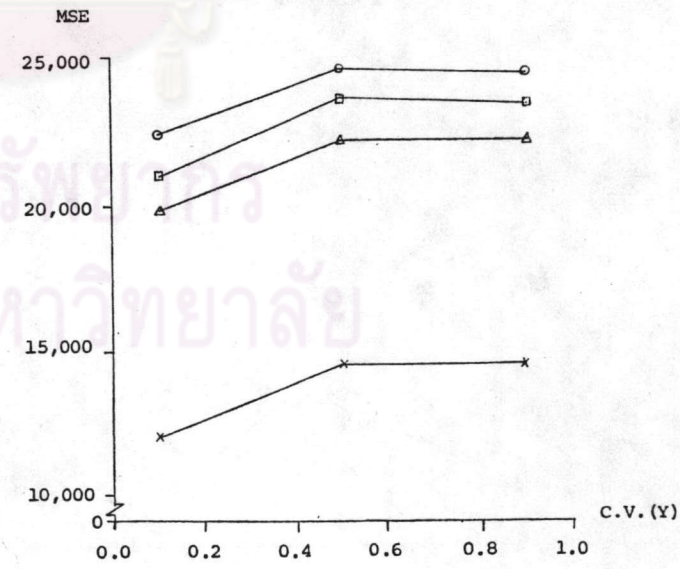
58. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1



59. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1



60. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1

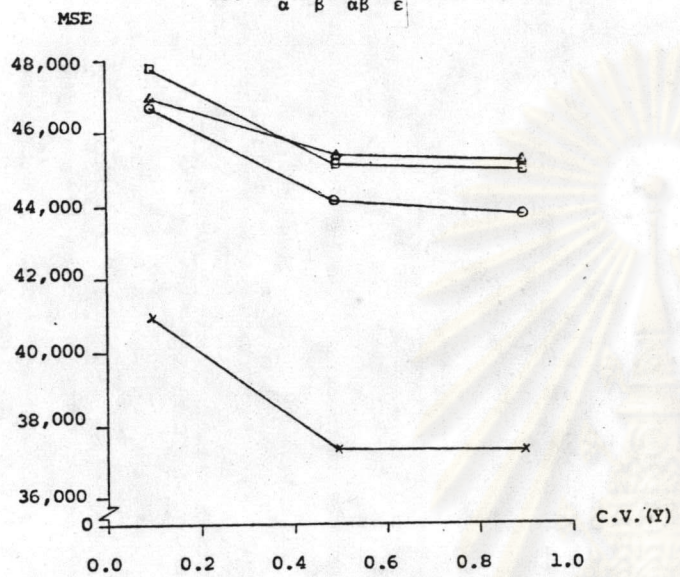


—×— วิธี ANOVA	—△— วิธี MIVQUE
—○— วิธี ML	—□— วิธี I-MIVQUE

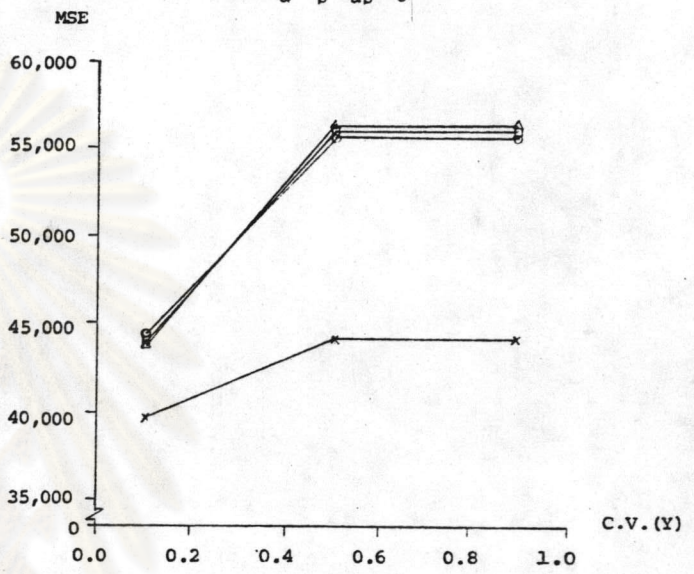
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

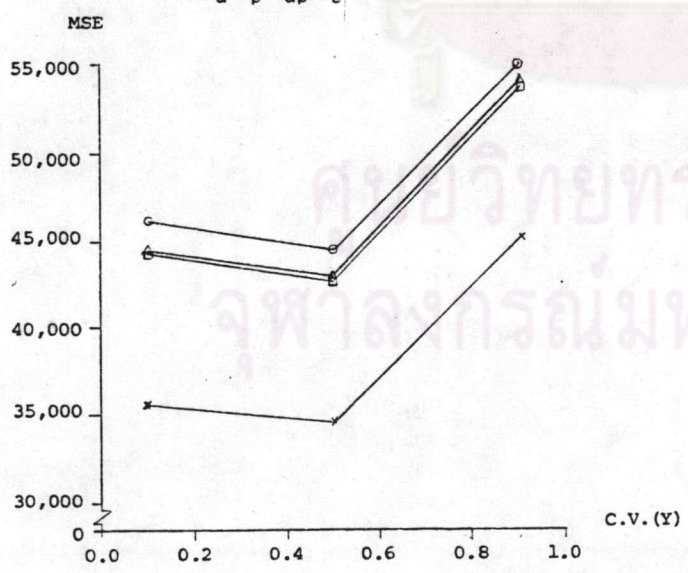
61. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



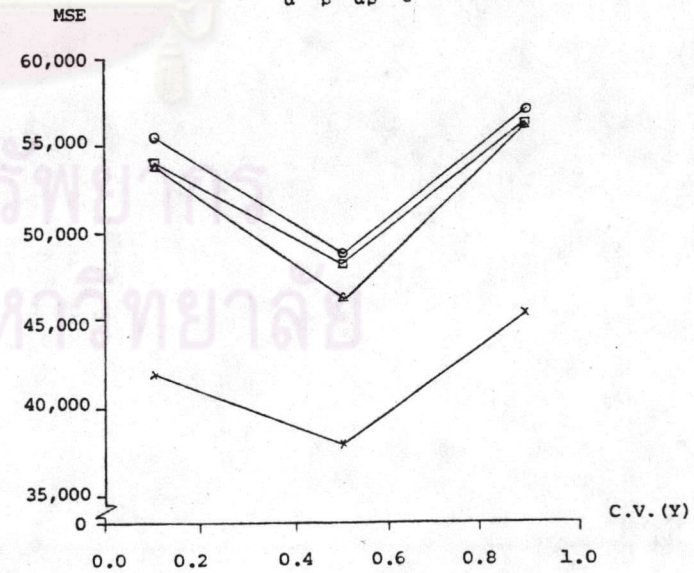
62. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



63. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



64. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



—×— วิธี ANOVA	—△— วิธี MIVQUE
—○— วิธี ML	—□— วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.4 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (Error-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\varepsilon$

ตารางที่ 9 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$)) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณมากที่สุด ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y)=0.5 , 0.9 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1 , 1:2:2:1 , 2:2:2:1 สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1, 2:1:2:1, 1:2:2:1 , 2:2:2:1 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี I-MIVQUE สถานการณ์ที่ C.V.(Y) =0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1 , C.V.(Y) = 0.5 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี MIVQUE เล็กน้อย

รูปที่ 65-รูปที่ 72 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$)) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 (รูปที่ 65), 2:1:1:1 (รูปที่ 66) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML วิธี MIVQUE วิธี I-MIVQUE ลดลง ส่วนวิธี ANOVA เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1 (รูปที่ 67) , 2:2:2:1 (รูปที่ 72) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA กับวิธี I-MIVQUE ลดลง ส่วนวิธี ML กับวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA กับวิธี I-MIVQUE เพิ่มขึ้นส่วนวิธี ML กับวิธี MIVQUE ลดลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 2:2:1:1$ (รูปที่ 68) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA เพิ่มขึ้นเล็กน้อย วิธี ML ไม่เปลี่ยนแปลงส่วนวิธี MIVQUE กับวิธี I-MIVQUE ลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:2:2:1$ (รูปที่ 71) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA กับวิธี I-MIVQUE ลดลง ส่วนวิธี ML กับวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่วิธี ANOVA ลดลงเพียงเล็กน้อย

สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

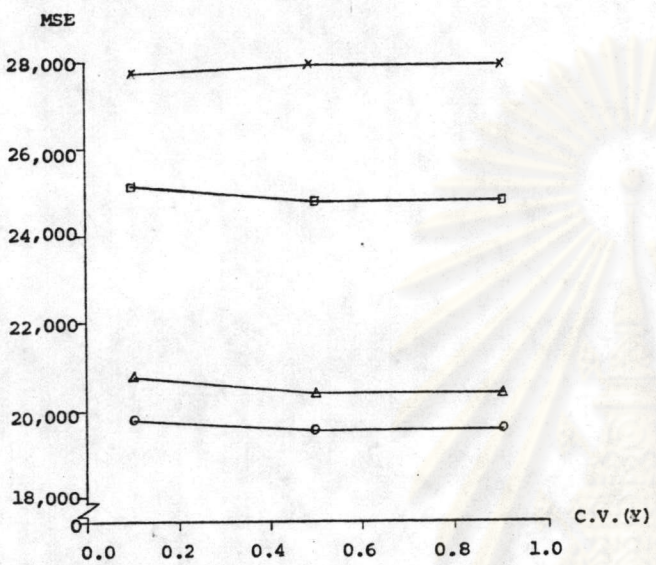
ตารางที่ 9 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\varepsilon$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 3x3

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี /MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	27709.1845	71.4607	75.0135	90.5999
	2:1:1:1	26426.7177	88.5957	95.5512	97.5315
	1:2:1:1	27556.8731	79.6571	82.0278	93.5938
	2:2:1:1	27630.1045	78.1786	82.7119	95.2361
	1:1:2:1	30202.3340	93.9617	98.3747	105.4453
	2:1:2:1	27669.2539	94.3624	101.6443	105.2497
	1:2:2:1	27623.6543	89.4974	90.4906	102.2395
	2:2:2:1	26671.1387	86.5287	90.0797	101.7895
0.5	1:1:1:1	27871.9766	69.9858	73.0447	88.7448
	2:1:1:1	27772.0195	71.9440	74.3646	90.3829
	1:2:1:1	24294.8867	92.4230	95.7256	97.4142
	2:2:1:1	27826.8945	77.7033	81.6405	94.3834
	1:1:2:1	24511.6387	90.6027	98.0435	103.1088
	2:1:2:1	26846.7715	76.4525	78.8842	94.6108
	1:2:2:1	26772.3027	92.6201	96.0161	104.5963
	2:2:2:1	28148.7070	95.8128	100.4411	111.1427
0.9	1:1:1:1	27872.0000	69.9852	73.0443	88.7450
	2:1:1:1	27771.8477	71.9433	74.3652	90.3837
	1:2:1:1	27850.2187	78.0626	80.4663	91.6415
	2:2:1:1	27842.1172	77.7105	81.7100	94.3871
	1:1:2:1	24514.6738	90.6068	98.0438	103.1089
	2:1:2:1	26846.7891	76.4580	78.8837	94.6109
	1:2:2:1	26725.0977	87.4540	91.9238	102.2657
	2:2:2:1	27842.6973	85.0342	89.6406	100.8662

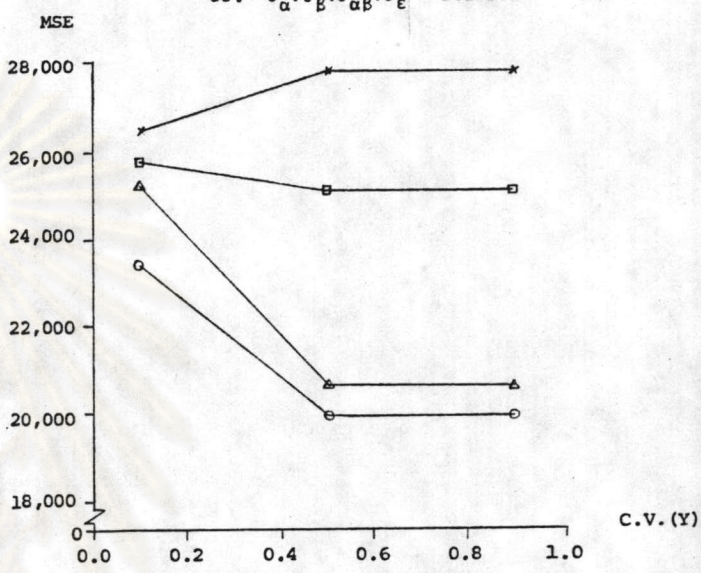
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$)

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

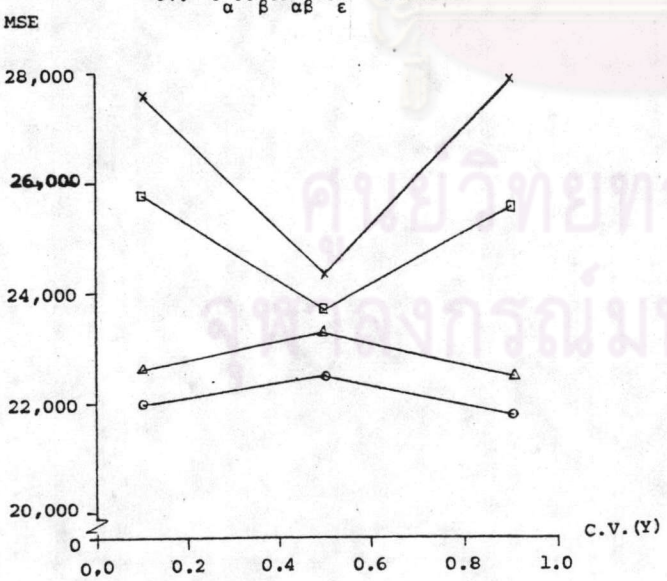
65. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1



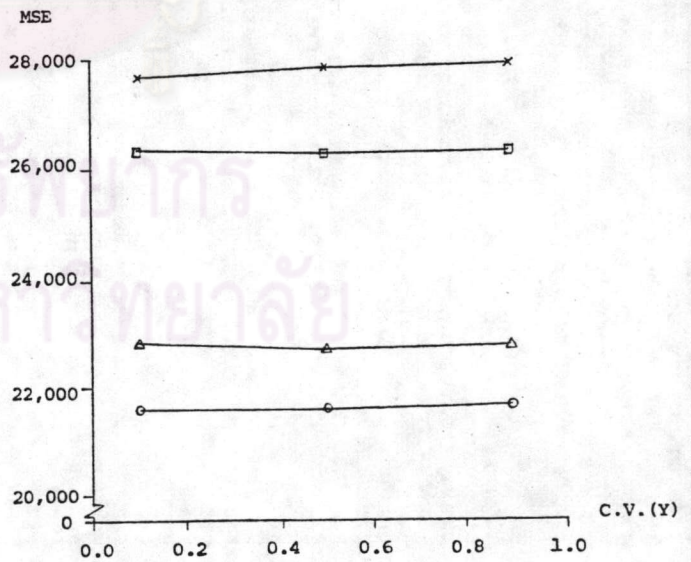
66. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1



67. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1



68. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1

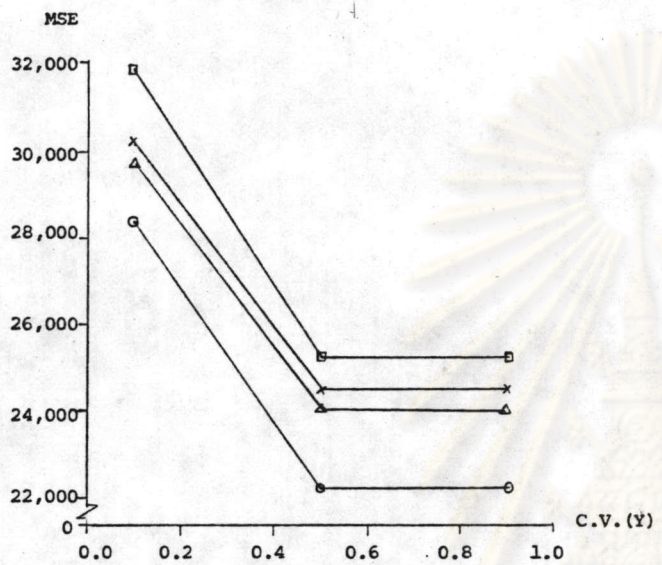


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

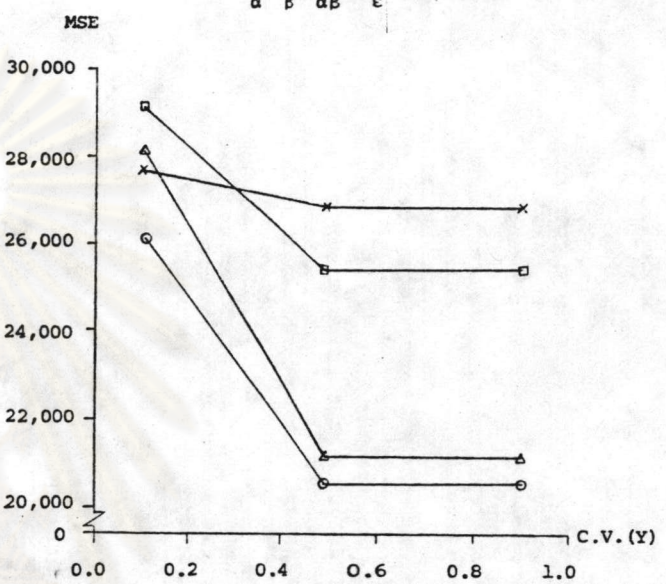
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$)) ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

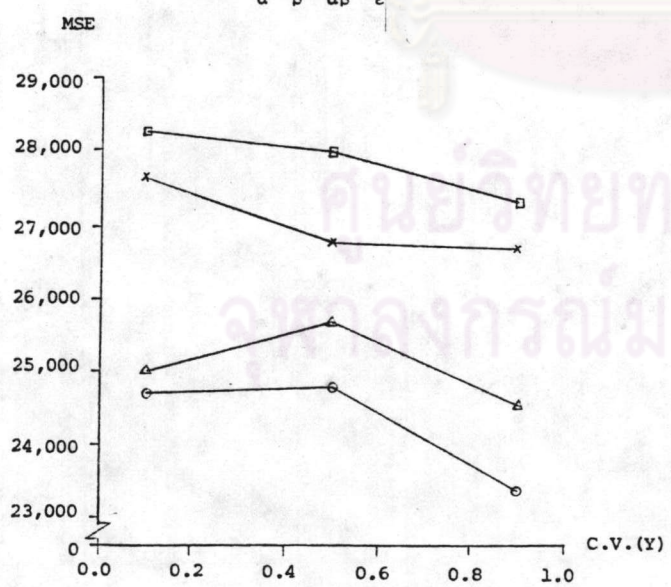
69. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



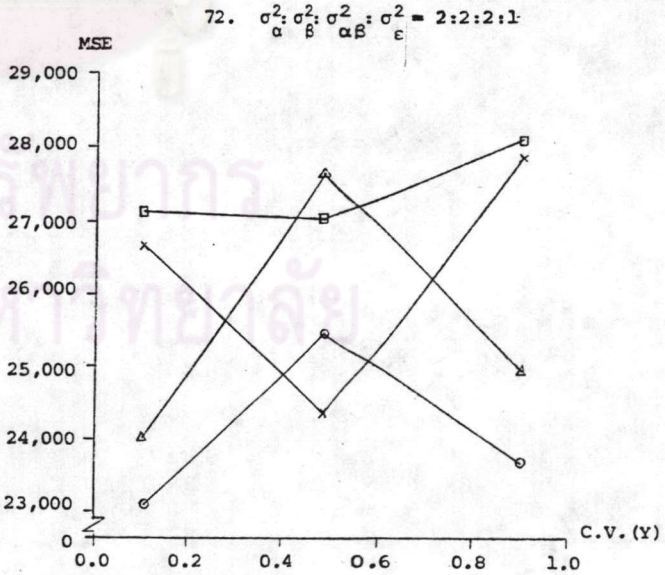
70. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



71. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



72. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.5 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์รวมทั้ง 4 ตัว

ตารางที่ 10 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์รวมกัน (MSE $(\hat{\sigma}^2_\alpha)$ + MSE $(\hat{\sigma}^2_\beta)$ + MSE $(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$ + MSE $(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$ ปรากฏว่าวิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยที่สุด ส่วนวิธี MIVQUE วิธี I-MIVQUE และวิธี ANOVA ในค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยเท่า ๆ กัน

รูป ที่ 73 - รูปที่ 80 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์ แต่ละคอมโพเนนท์รวมกัน (MSE $(\hat{\sigma}^2_\alpha)$ + MSE $(\hat{\sigma}^2_\beta)$ + MSE $(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$ + MSE $(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$ (รูปที่ 73) $2:1:1:1$ (รูปที่ 74) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ML ลดลง ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$ (รูปที่ 75) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ML เพิ่มขึ้น ส่วนวิธีอื่น ๆ ลดลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 76) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA ลดลงเล็ก น้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$ (รูปที่ 77) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี MIVQUE ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_{\alpha}^2 : \sigma_{\beta}^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_{\varepsilon}^2 = 2:1:2:1$ (รูปที่ 78)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_{\alpha}^2 : \sigma_{\beta}^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_{\varepsilon}^2 = 1:2:2:1$ (รูปที่ 79)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณรวม โดยวิธี ML ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma_{\alpha}^2 : \sigma_{\beta}^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_{\varepsilon}^2 = 2:2:2:1$ (รูปที่ 80)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น

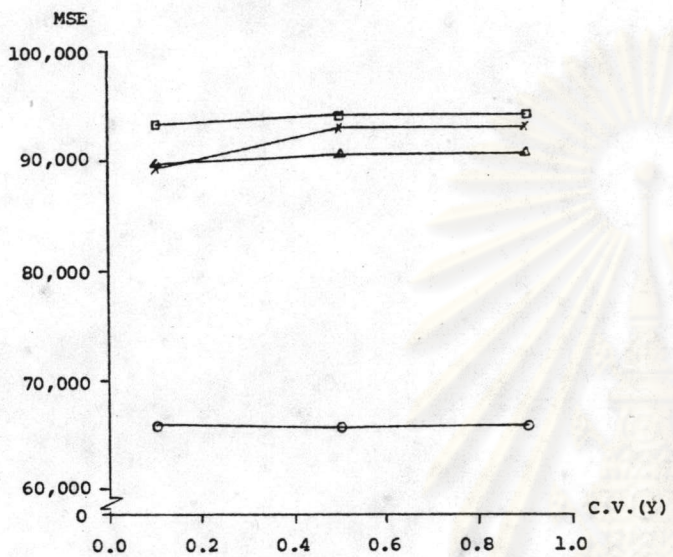
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมโดยวิธีต่างๆ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 3x3

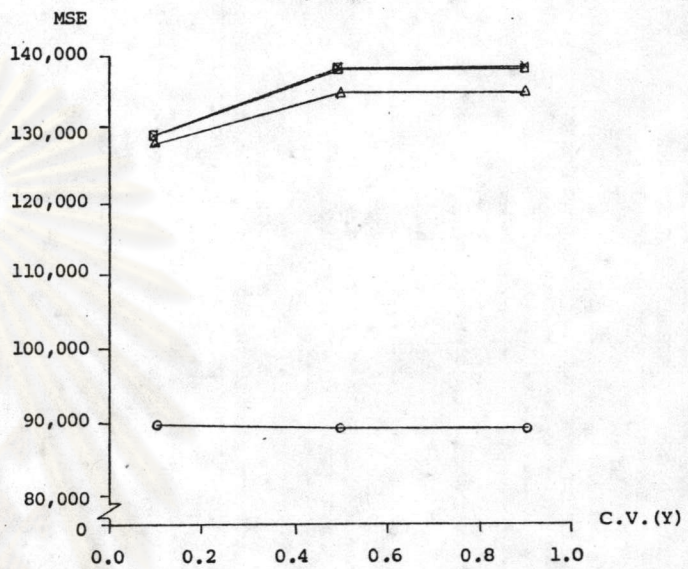
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี / MSEของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	89520.3095	73.5151	100.0239	104.1782
	2:1:1:1	129095.5918	69.2491	99.1783	99.3090
	1:2:1:1	117773.1406	70.7482	99.7110	101.6708
	2:2:1:1	165023.5214	64.6870	98.6267	100.2784
	1:1:2:1	144115.4843	70.6354	94.8438	96.3563
	2:1:2:1	183080.5251	66.4878	97.5319	97.6647
	1:2:2:1	162803.1992	72.8493	100.1358	101.9231
	2:2:2:1	225175.1032	67.9514	99.5076	100.3883
0.5	1:1:1:1	92767.9258	70.8979	97.5362	101.2946
	2:1:1:1	138372.7773	64.4000	97.4352	99.9013
	1:2:1:1	123628.9550	68.5673	100.7454	100.7650
	2:2:1:1	164145.1093	65.7580	99.1205	100.8426
	1:1:2:1	135071.9668	68.2886	94.7661	94.6587
	2:1:2:1	201791.8473	65.4952	96.9148	98.1669
	1:2:2:1	167414.4062	70.9166	100.3165	101.1196
	2:2:2:1	243610.4370	66.1416	96.2707	97.5194
0.9	1:1:1:1	92767.6055	70.8912	97.5395	101.2949
	2:1:1:1	138371.6328	64.3957	97.4358	99.9012
	1:2:1:1	123181.7889	70.4339	98.6727	100.3202
	2:2:1:1	171395.2461	63.7850	96.7422	98.1940
	1:1:2:1	134891.4687	68.1561	94.7662	94.6573
	2:1:2:1	201790.5017	65.4985	96.9170	98.1681
	1:2:2:1	181416.0761	70.2108	98.1988	99.0032
	2:2:2:1	241452.6620	65.2978	97.2605	97.9429

ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์ ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

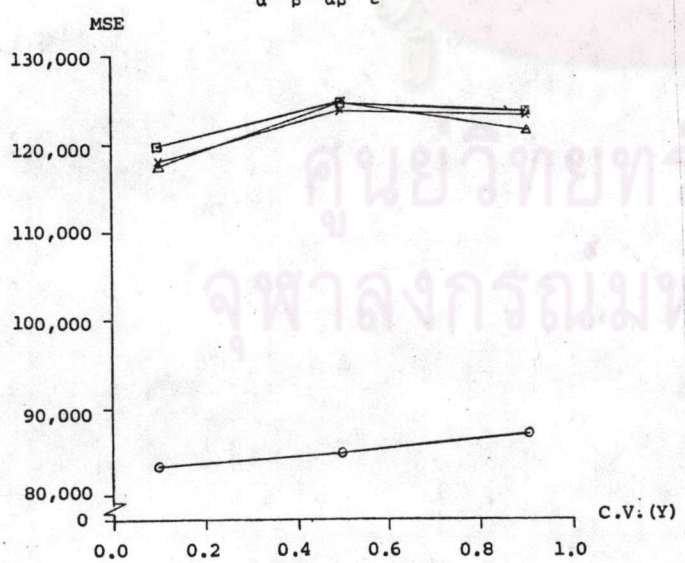
73. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:1:1:1$



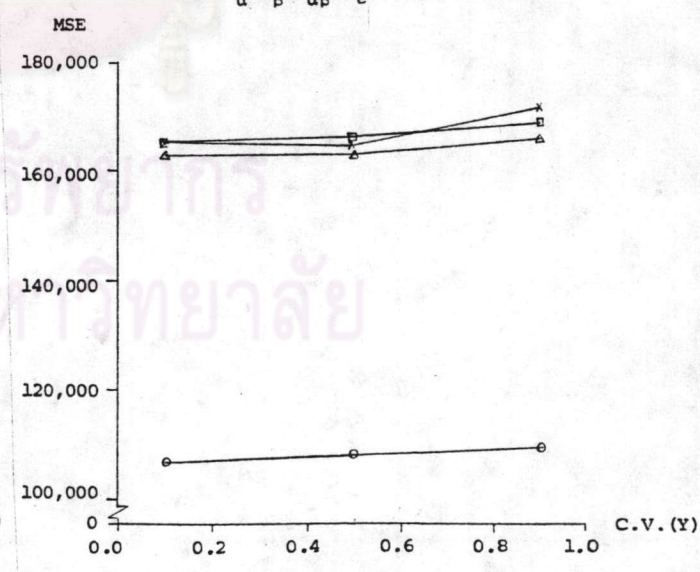
74. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:1:1:1$



75. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:2:1:1$



76. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:2:1:1$

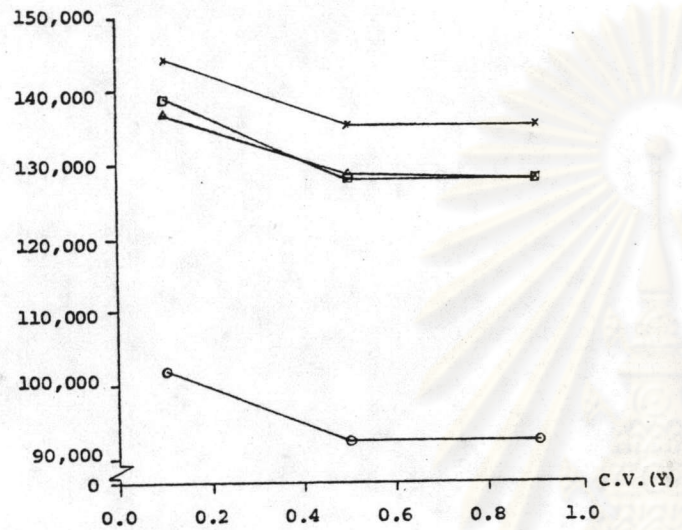


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

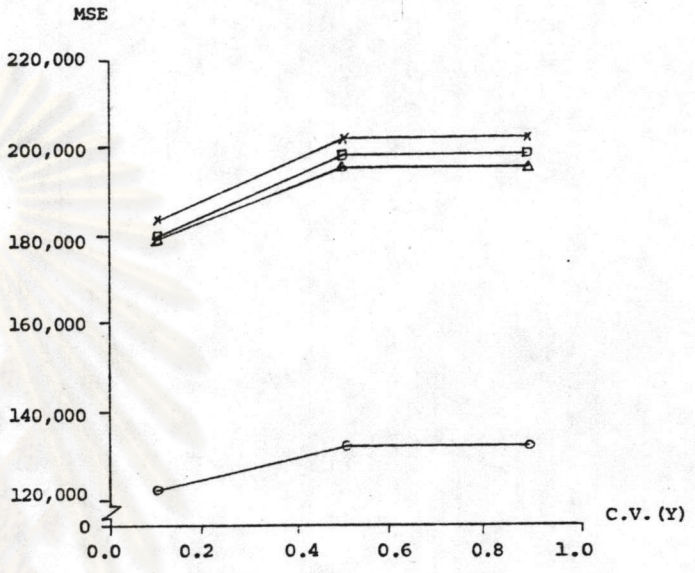
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์ ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

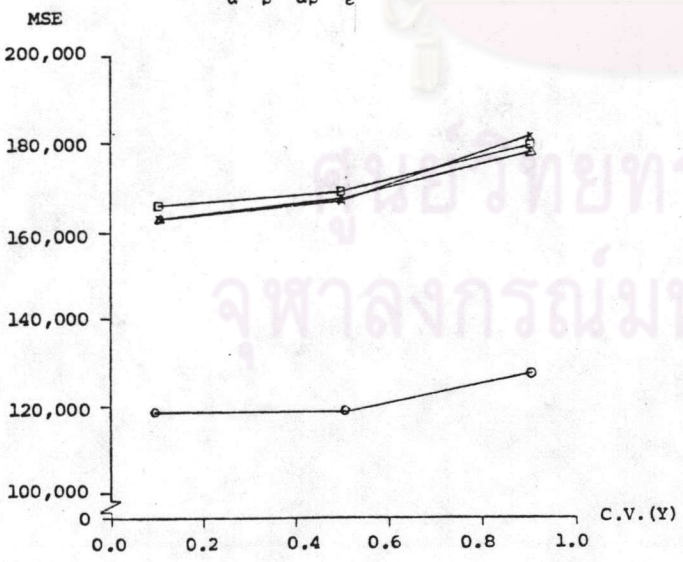
77. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$



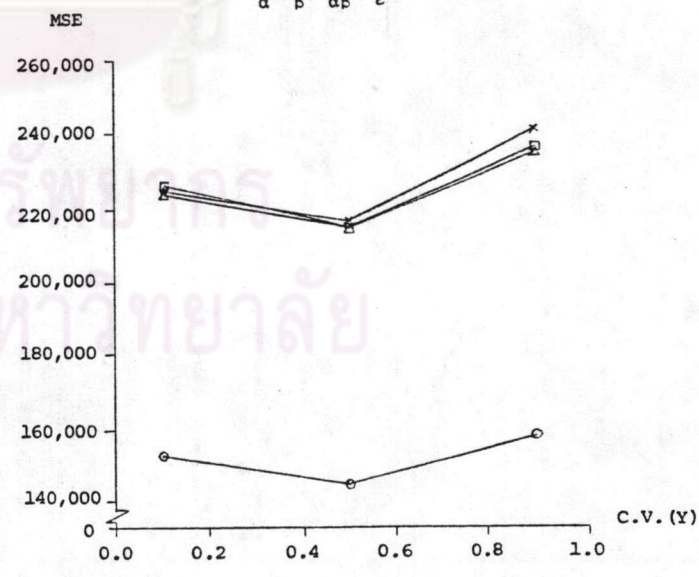
78. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$



79. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$



80. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

4.3 กรณีที่ขนาดตัวอย่าง = 20 และแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2x2

4.3.1 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 (A-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\alpha$

ตารางที่ 11 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 (MSE($\hat{\sigma}^2_\alpha$)) ปรากฏว่าวิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUEให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณมากที่สุด

รูปที่ 81 - รูปที่ 88 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 (MSE($\hat{\sigma}^2_\alpha$)) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$ (รูปที่ 86)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง

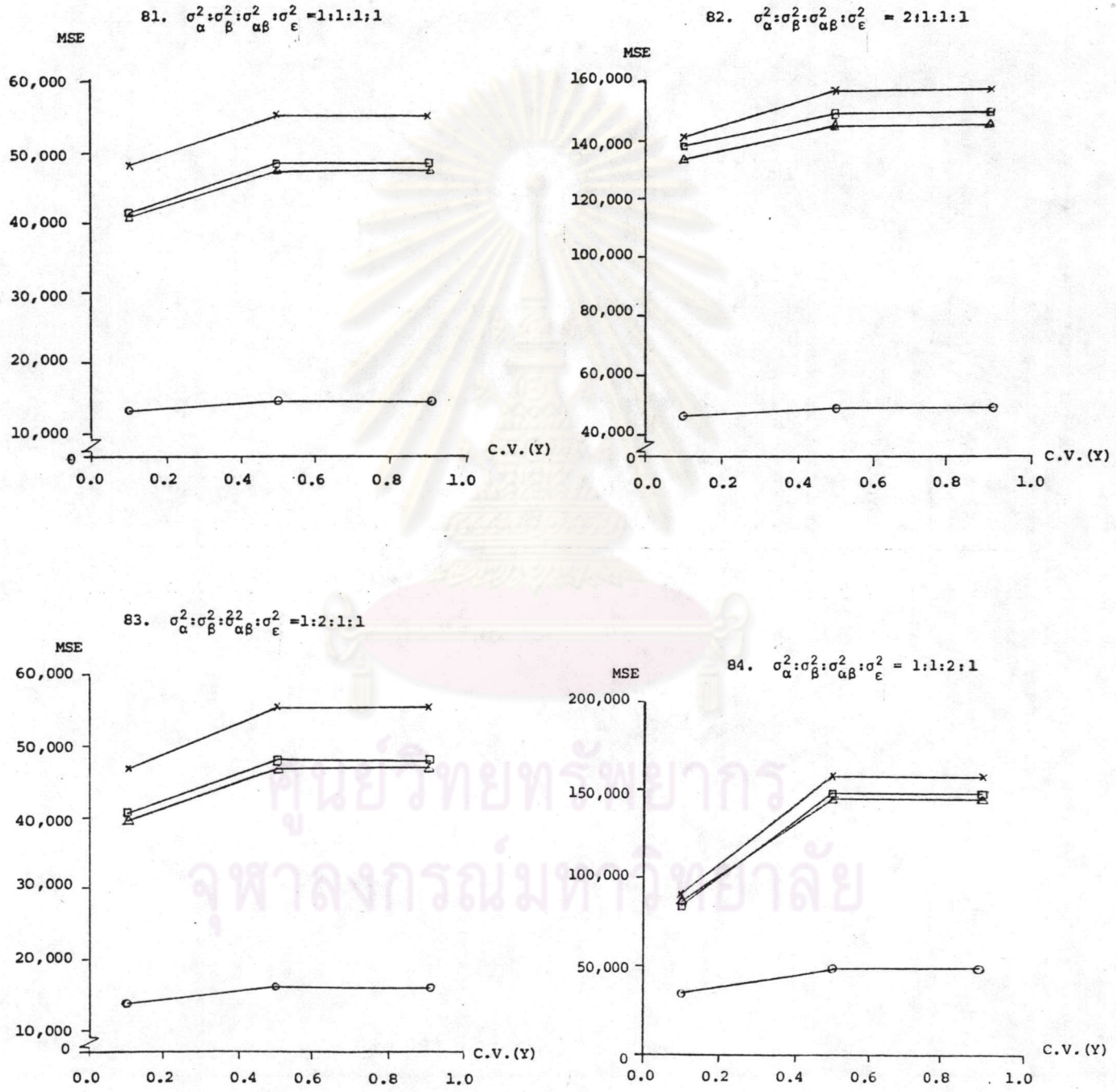
สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\alpha$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี/MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V.(Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\epsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	47890.9551	27.2293	85.4457	86.0209
	2:1:1:1	140769.4063	32.7811	94.7702	97.7560
	1:2:1:1	46743.6377	29.2955	84.9695	86.7538
	2:2:1:1	91981.5829	39.2407	93.9961	93.4334
	1:1:2:1	52458.2070	28.0320	87.4120	88.9978
	2:1:2:1	111806.2821	34.2694	90.1606	92.8075
	1:2:2:1	66369.2773	25.3551	84.4496	88.1418
	2:2:2:1	112496.4817	36.3601	95.5725	96.5115
0.5	1:1:1:1	54811.3291	26.2197	85.9917	87.3342
	2:1:1:1	156609.5777	30.9607	92.7060	94.9090
	1:2:1:1	55587.6582	28.6336	84.5499	86.4598
	2:2:1:1	158097.2967	31.7389	91.8498	93.9480
	1:1:2:1	85670.9092	20.3263	75.1125	76.2916
	2:1:2:1	200983.0467	26.0107	85.3729	87.9903
	1:2:2:1	86867.9658	20.7982	73.6220	75.1527
	2:2:2:1	203001.3747	26.2599	84.2854	87.0648
0.9	1:1:1:1	54810.6094	26.2544	85.9898	87.8315
	2:1:1:1	156608.7340	30.8936	92.7080	94.9127
	1:2:1:1	55587.1924	28.6031	84.5494	86.4568
	2:2:1:1	158095.8120	31.7396	91.8479	93.9542
	1:1:2:1	85670.3104	20.3881	75.1112	76.2943
	2:1:2:1	175681.8902	27.9850	86.9842	87.8890
	1:2:2:1	86866.9668	20.7872	73.6240	75.1532
	2:2:2:1	203001.0310	26.3274	84.2902	87.0686

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนอัคอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

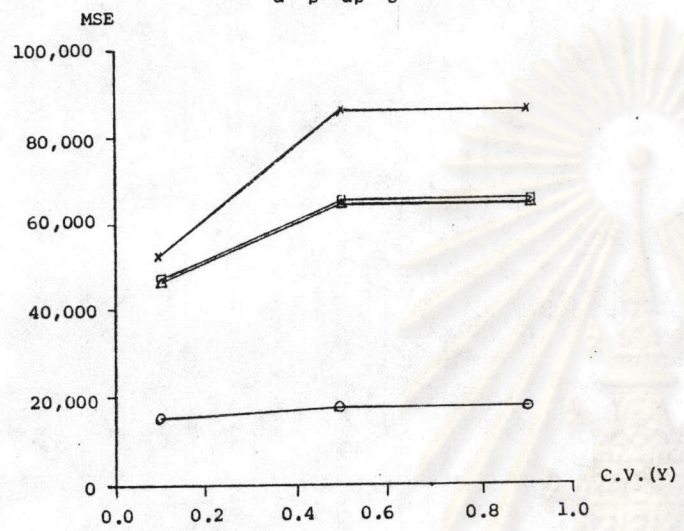


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

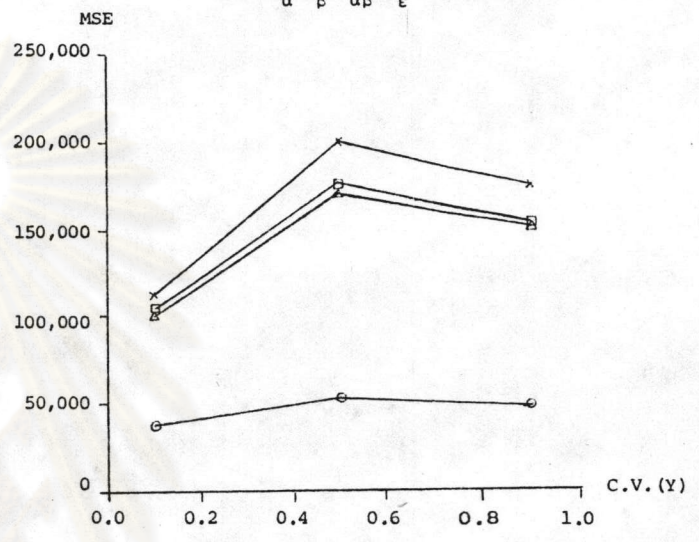
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซัคอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

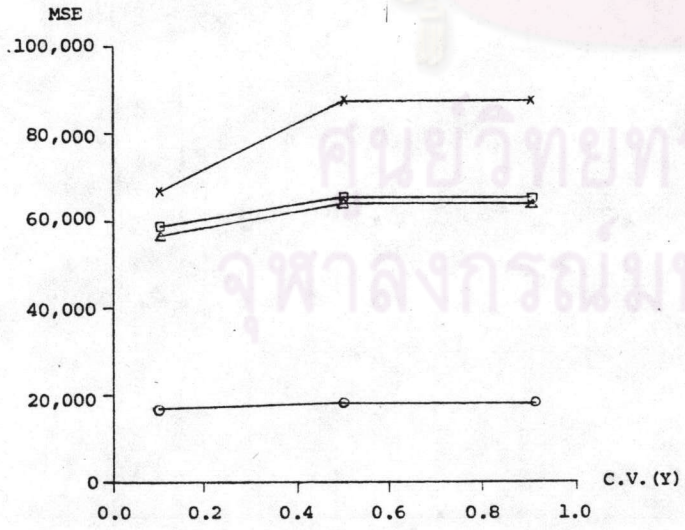
85. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$



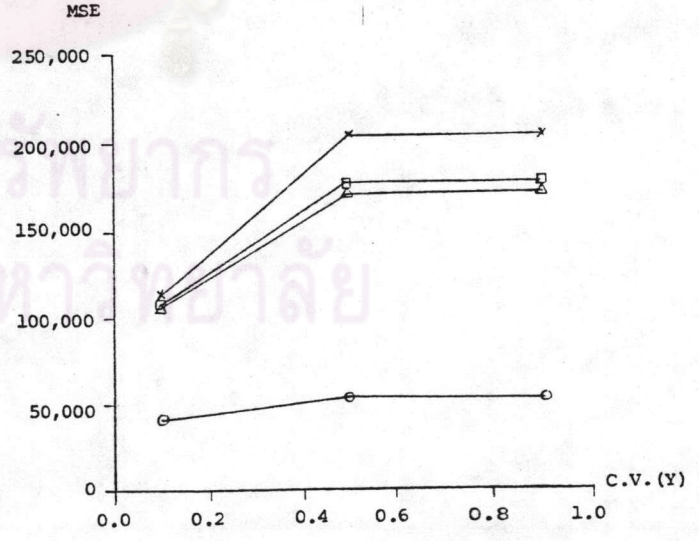
86. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$



87. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$



88. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 (B-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\beta$

ตารางที่ 12 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุด วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณมากที่สุด

รูปที่ 89-รูปที่ 96 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 92), $2:1:2:1$ (รูปที่ 94) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ลดลง ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์อื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณไม่เปลี่ยนแปลง

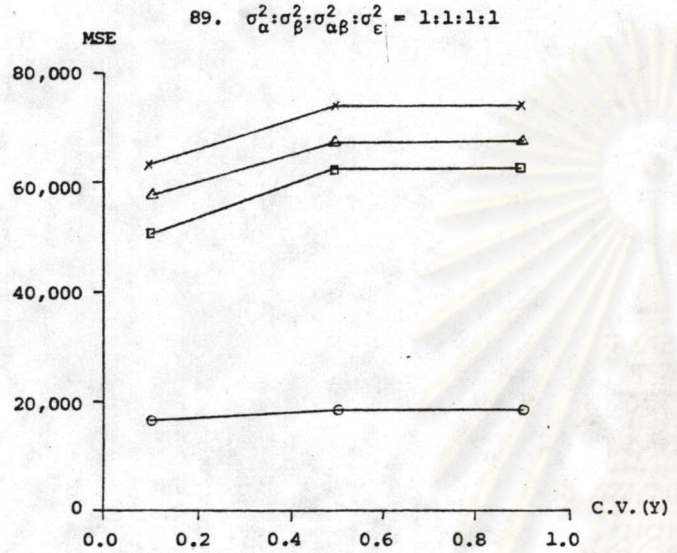
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\beta$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 2x2

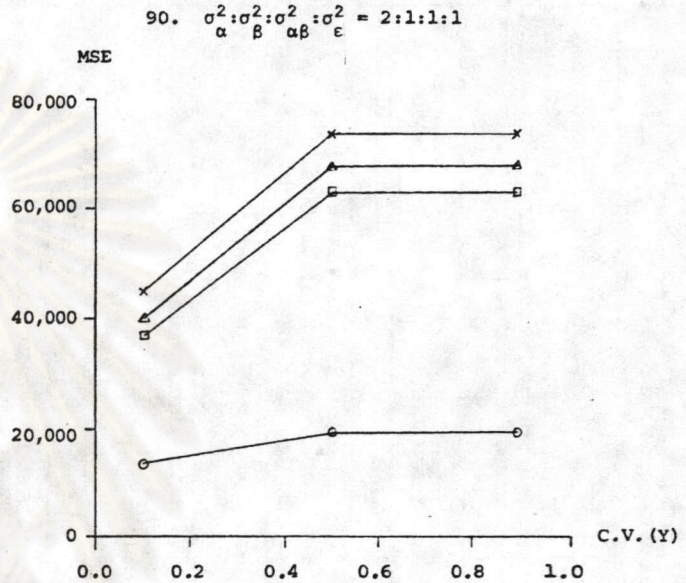
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี/MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	63594.0322	25.5675	90.3987	79.6559
	2:1:1:1	45024.0879	30.0811	88.9362	81.5382
	1:2:1:1	160132.4996	29.2896	94.9226	87.4163
	2:2:1:1	102232.0791	37.5238	91.6318	88.5224
	1:1:2:1	123328.1630	19.8962	86.4114	79.6130
	2:1:2:1	82512.1045	23.2092	82.4670	80.0843
	1:2:2:1	123147.5465	33.1729	93.6222	84.9921
	2:2:2:1	99924.7813	40.9709	95.4243	90.7506
0.5	1:1:1:1	73890.2147	24.8266	91.2871	84.7753
	2:1:1:1	73712.4363	25.9426	91.6310	85.0802
	1:2:1:1	186625.4216	27.3313	94.3998	89.3653
	2:2:1:1	276395.8437	19.9440	63.7783	60.3953
	1:1:2:1	133936.1191	19.2468	85.2809	76.7754
	2:1:2:1	133576.5858	20.6522	85.6548	76.9630
	1:2:2:1	285066.5777	23.2199	90.1348	81.9987
	2:2:2:1	284599.1873	24.8198	90.3744	82.1093
0.9	1:1:1:1	73889.7500	24.7925	91.2821	84.7757
	2:1:1:1	73711.9893	25.9907	91.6319	85.0835
	1:2:1:1	186624.3279	27.3725	94.4079	89.3663
	2:2:1:1	186395.1249	29.5977	94.5667	89.5614
	1:1:2:1	133935.1210	19.2546	85.2835	76.7745
	2:1:2:1	133822.5741	20.7529	86.1852	77.4252
	1:2:2:1	285064.9995	23.1924	90.1360	82.0012
	2:2:2:1	284598.4372	24.7680	90.3799	82.1093

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\beta$))
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

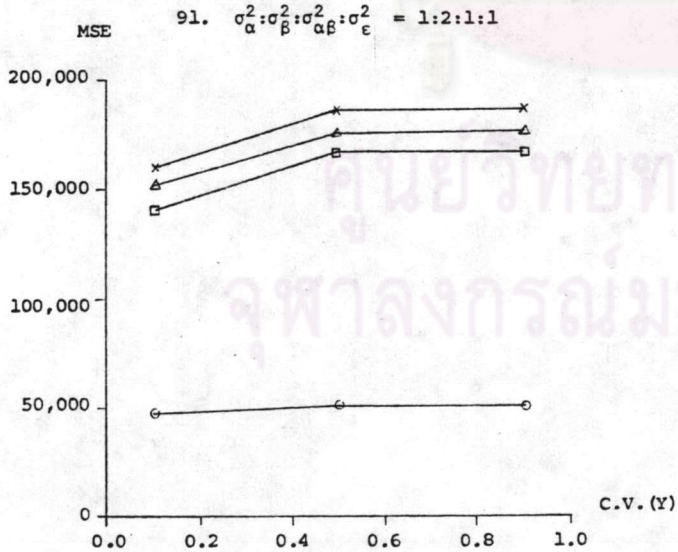
89. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1



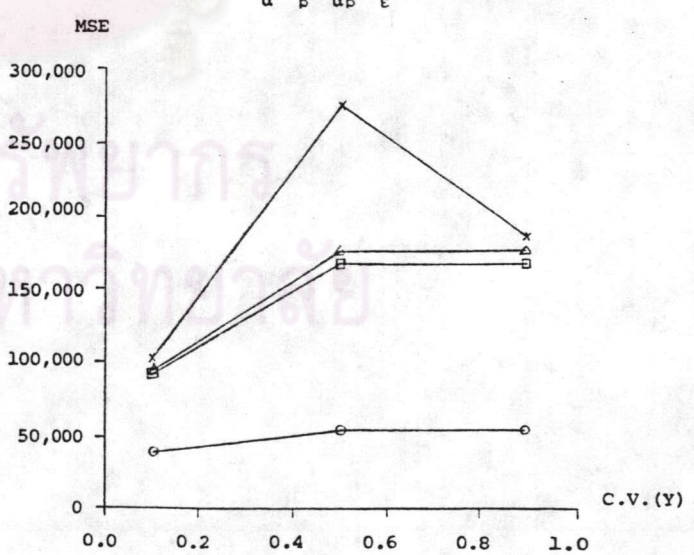
90. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1



91. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1



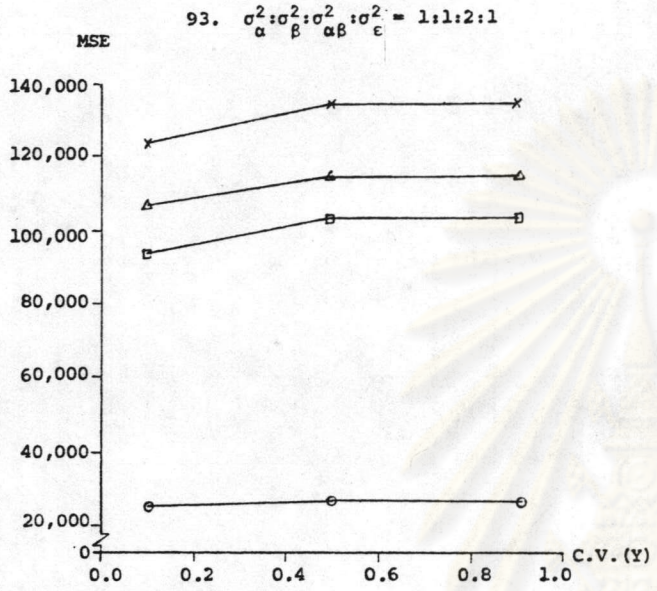
92. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1



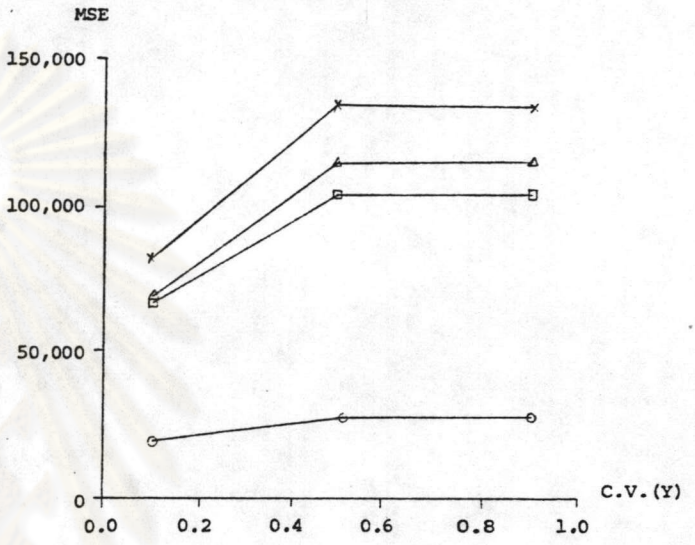
วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

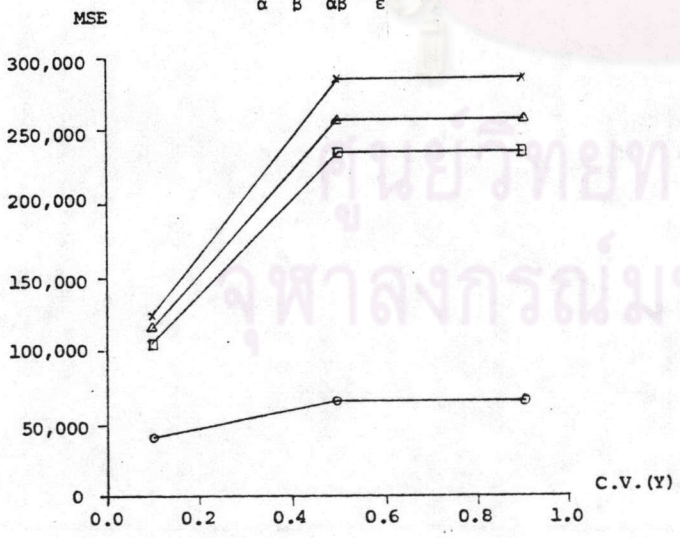
93. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$



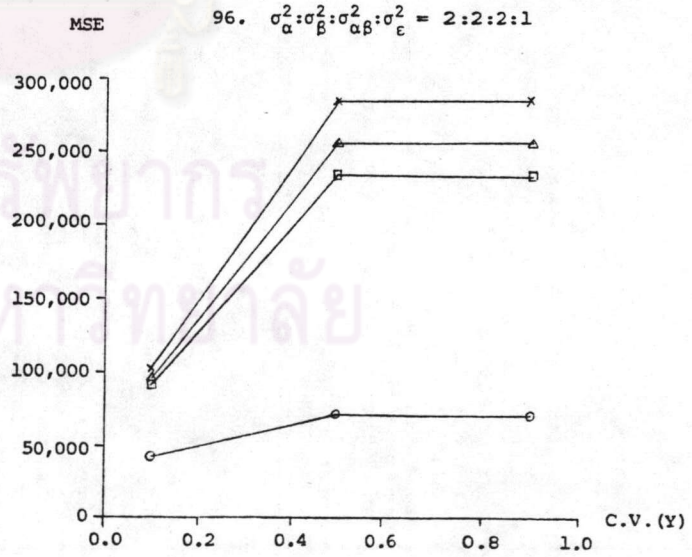
94. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$



95. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$



96. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 <u>การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 (AB-Effect)</u> คือ $\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$

ตารางที่ 13 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$) ปรากฏว่า วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1 , 1:2:2:1 ที่วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่า วิธี ANOVA

รูปที่ 97-รูปที่ 104 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 (รูปที่ 97) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML กับวิธี MIVQUE ลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML กับวิธี MIVQUE ไม่เปลี่ยนแปลงส่วนวิธี ANOVA กับวิธี I-MIVQUE ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อ C.V(Y) เพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1 (รูปที่ 98) วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณไม่เปลี่ยนแปลงเลยเมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น ส่วนวิธีอื่น ๆ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1 (รูปที่ 99), 1:1:2:1 (รูปที่101), 1:2:2:1 (รูปที่ 103) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1 (รูปที่ 100) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 2:1:2:1$ (รูปที่ 102)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนวิธีอื่น ๆ ลดลงเล็กน้อย

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 2:2:2:1$ (รูปที่ 104)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA กับวิธี ML เพิ่มขึ้น ส่วนวิธี MIVQUE กับวิธี I-MIVQUE ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

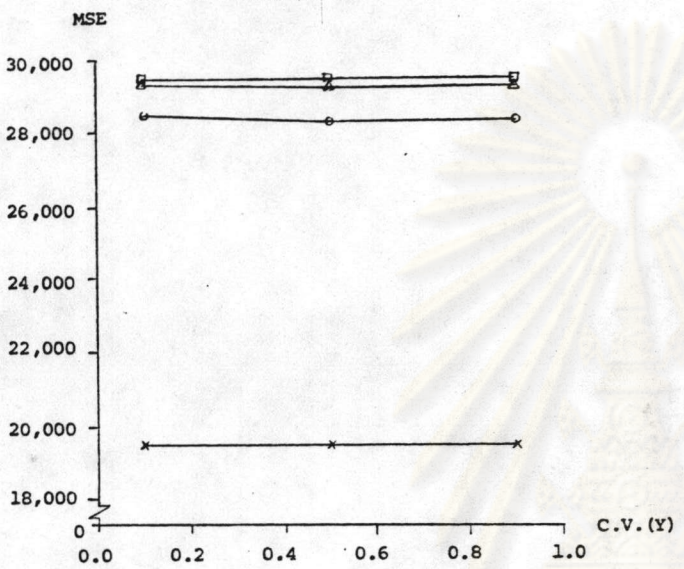
ตารางที่ 13 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\sigma^2_{\alpha\beta}$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 2x2

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี	100(MSE ของแต่ละวิธี /MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$	ANOVA	วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	19421.5830	146.3885	150.4573	151.4851
	2:1:1:1	17390.8154	128.2147	129.9207	130.9079
	1:2:1:1	17218.2178	187.7448	165.6598	166.7876
	2:2:1:1	16446.6660	141.9273	147.7306	148.3027
	1:1:2:1	63567.9219	83.6812	109.7884	110.2227
	2:1:2:1	56909.7988	118.9995	140.4771	140.9424
	1:2:2:1	63018.2227	79.5824	101.8347	101.3880
	2:2:2:1	64330.3809	137.0133	158.6269	158.6550
0.5	1:1:1:1	19445.0166	145.3148	150.2318	151.2407
	2:1:1:1	17384.9551	168.4962	168.5876	169.3215
	1:2:1:1	17816.2666	184.0549	164.5816	165.7211
	2:2:1:1	16429.3897	176.9702	179.0330	179.3792
	1:1:2:1	73406.8135	106.2181	131.3244	132.1472
	2:1:2:1	67749.6894	122.0787	142.4418	143.1812
	1:2:2:1	69364.1387	127.4514	139.2853	140.0168
	2:2:2:1	64789.8437	149.4923	149.3617	149.9133
0.9	1:1:1:1	19444.8994	145.3176	150.2381	151.2453
	2:1:1:1	17384.6103	168.5005	168.5972	169.3311
	1:2:1:1	17816.2725	184.0449	164.5856	165.7197
	2:2:1:1	16429.5137	176.9674	179.0363	179.8852
	1:1:2:1	73406.8818	106.2184	131.3254	132.1470
	2:1:2:1	67750.2480	121.0421	142.0201	142.7203
	1:2:2:1	69363.9785	127.4493	139.2873	140.0213
	2:2:2:1	64789.8076	149.4931	149.3654	149.9194

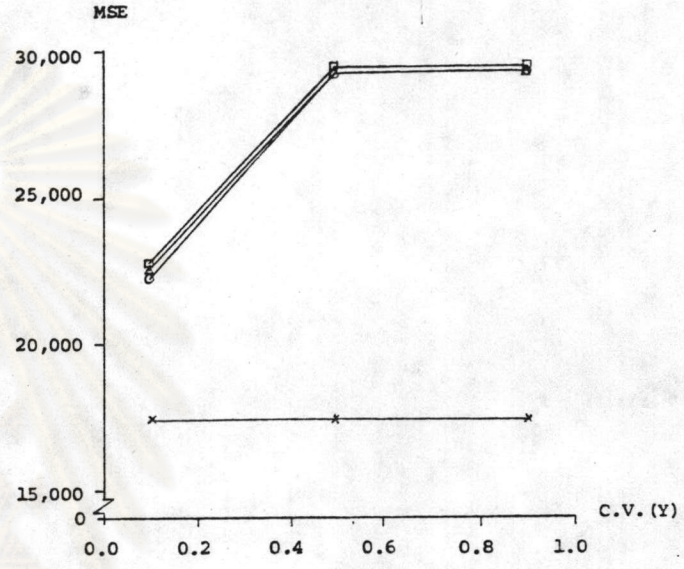
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$)

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

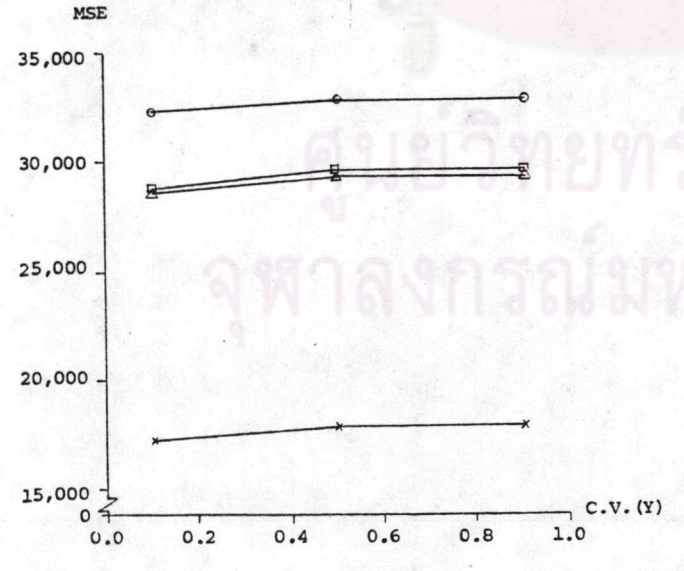
97. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1



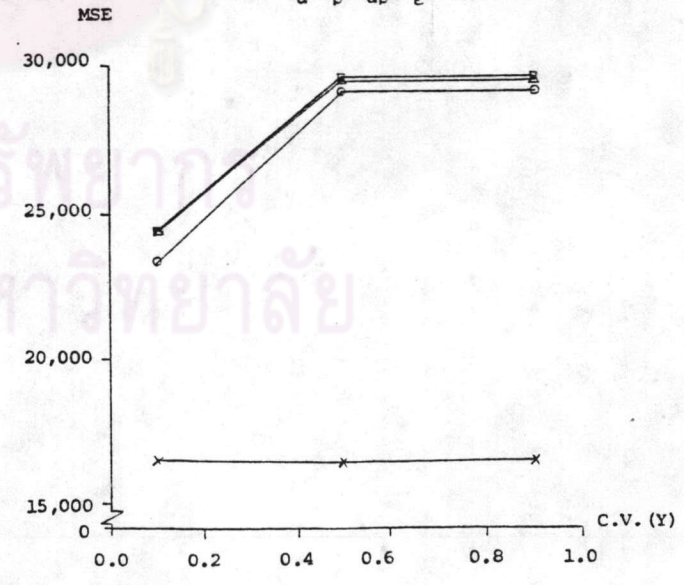
98. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1



99. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1



100. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1

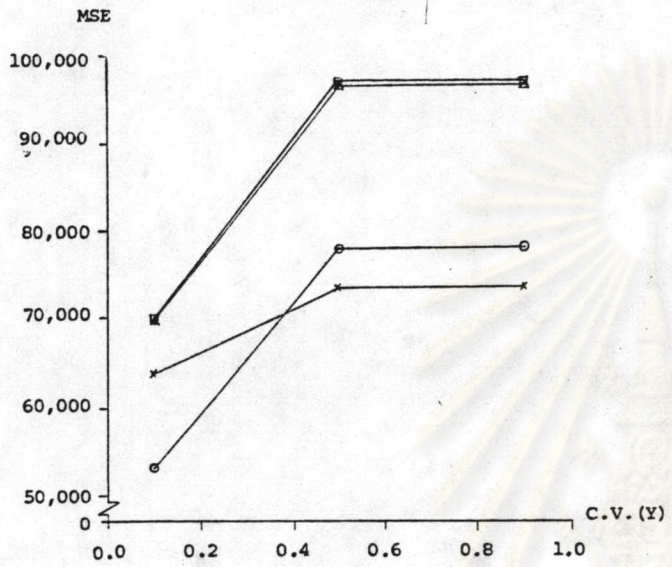


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

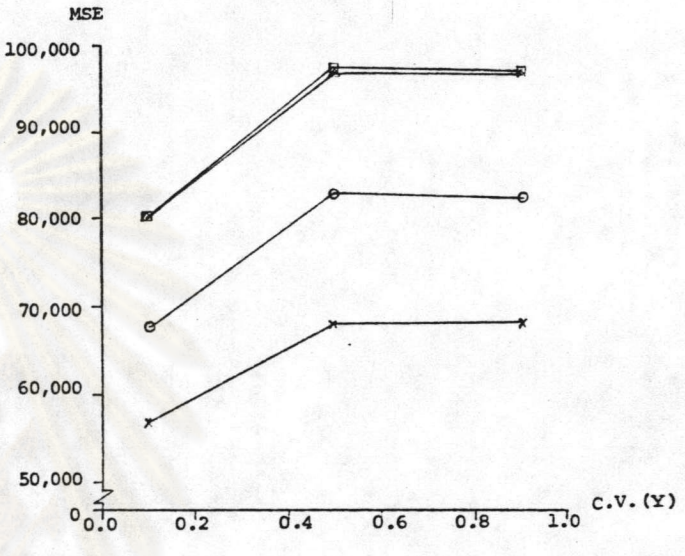
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

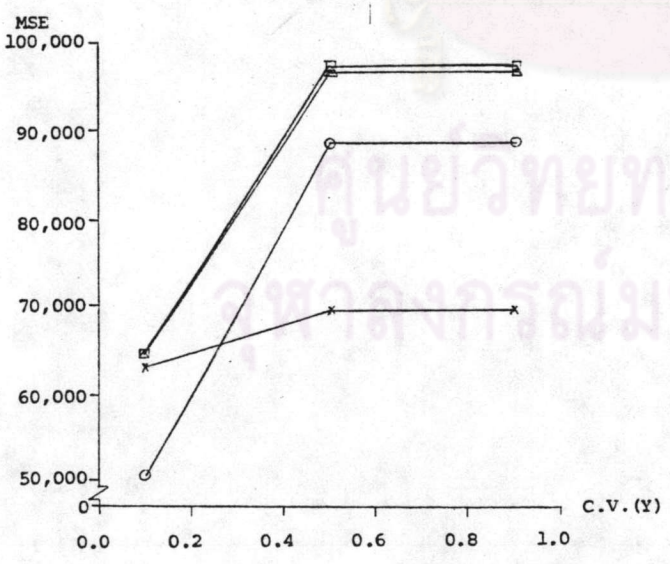
101. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



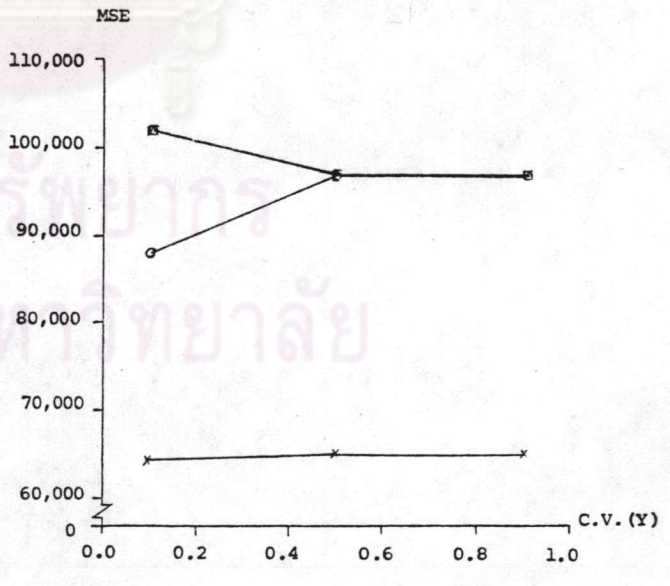
102. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



103. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



104. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (Error-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\varepsilon$

ตารางที่ 14 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$)) ปรากฏว่าทุกวิธีให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณเกือบจะเท่า ๆ กัน แต่ส่วนใหญ่วิธี ML วิธี MIVQUE และวิธี I-MIVQUEให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยกว่าวิธี ANOVA ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 0.5,0.9 และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$= 2:1:2:1 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี MIVQUE

รูปที่ 105-รูปที่ 112 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$)) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 (รูปที่ 105)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA กับวิธี ML ลดลงเล็กน้อยส่วนวิธี MIVQUE กับวิธี I-MIVQUE เพิ่มขึ้นแต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1 (รูปที่ 109)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น จาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1 (รูปที่ 110)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง

สถานการณ์อื่น ๆ ให้ผลเหมือนกันคือ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

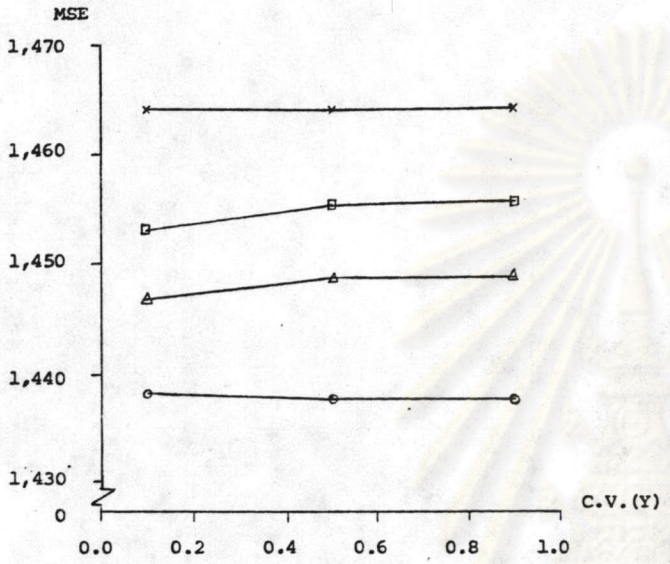
ตารางที่ 14 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ σ^2_ε โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 2x2

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100 (MSE ของแต่ละวิธี/ MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	1464.1717	98.2311	98.8116	99.2432
	2:1:1:1	1380.4682	99.4681	99.8797	99.2422
	1:2:1:1	1457.9300	98.7204	98.7862	99.1665
	2:2:1:1	1373.4131	99.5446	99.9908	99.4608
	1:1:2:1	1376.9857	99.2933	99.1739	99.4957
	2:1:2:1	1347.3502	99.6452	100.5104	81.0282
	1:2:2:1	1343.1894	98.3588	98.0851	99.5346
	2:2:2:1	1284.3009	99.4341	99.5563	99.4778
0.5	1:1:1:1	1464.0032	98.1978	98.9494	99.4119
	2:1:1:1	1463.9792	99.4813	99.8436	99.5482
	1:2:1:1	1464.0219	98.7397	98.9848	99.4255
	2:2:1:1	1464.0225	98.9266	99.3391	99.5712
	1:1:2:1	1464.0406	98.9994	99.0555	99.7088
	2:1:2:1	1463.9944	99.0750	100.0801	99.7788
	1:2:2:1	1464.0331	98.3665	98.4761	99.7656
	2:2:2:1	1463.9952	99.2538	99.4594	99.3383
0.9	1:1:1:1	1464.0167	98.1983	98.9517	99.4147
	2:1:1:1	1464.0080	99.4786	99.8450	99.5521
	1:2:1:1	1464.0140	98.7418	98.9889	99.4309
	2:2:1:1	1464.0275	98.9268	99.3436	99.5773
	1:1:2:1	1464.0144	98.9984	99.0607	99.7155
	2:1:2:1	1434.2661	99.0812	100.2470	99.8078
	1:2:2:1	1464.0137	98.3677	98.4827	99.7733
	2:2:2:1	1464.0230	99.2561	99.4645	99.8448

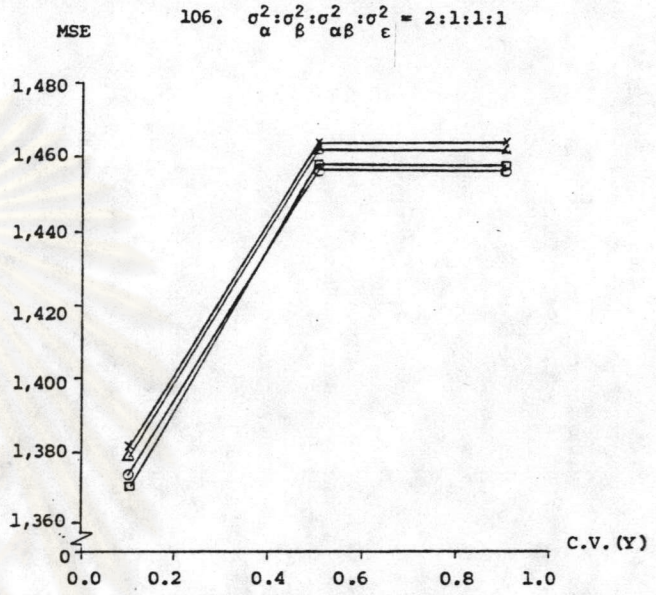
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE ($\hat{\sigma}^2_\varepsilon$))

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

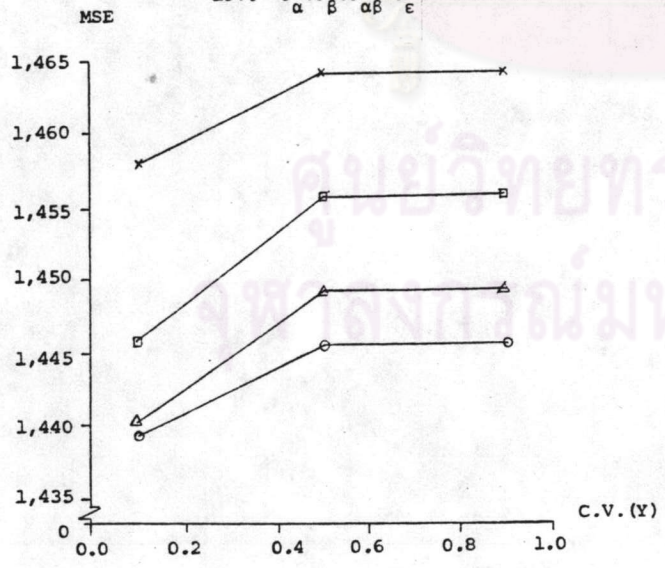
105. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1



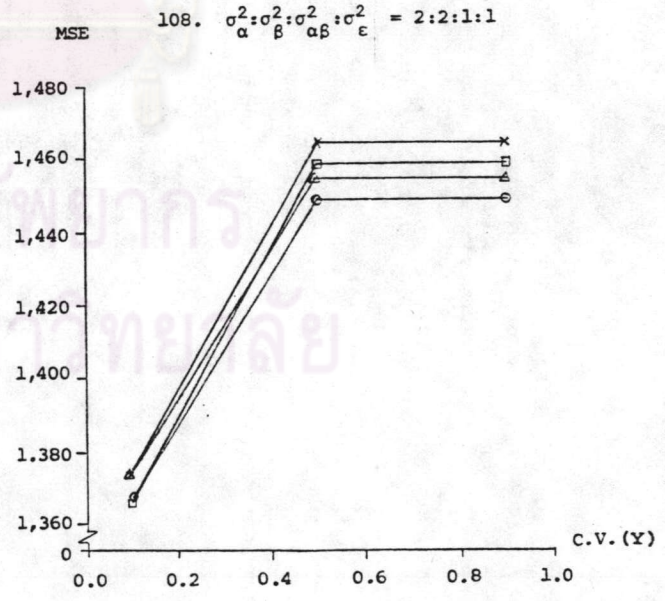
106. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1



107. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1



108. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:1:1



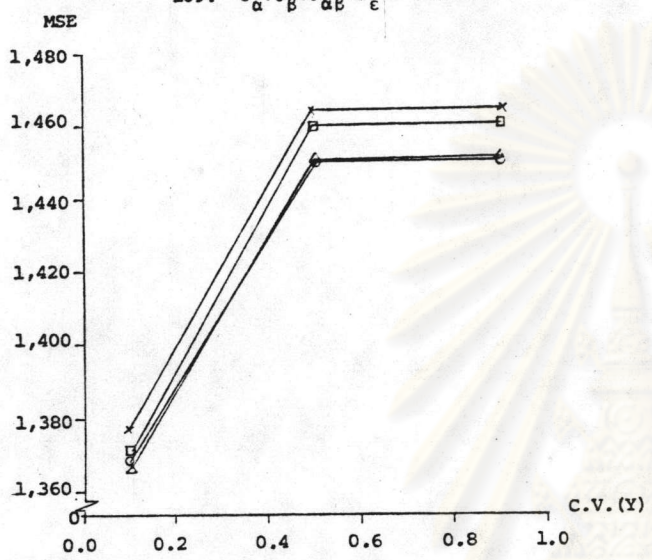
วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

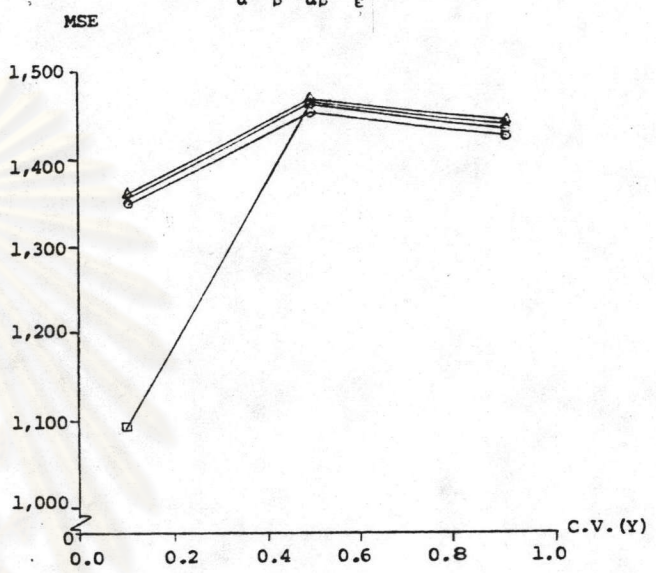
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 $(MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon))$

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

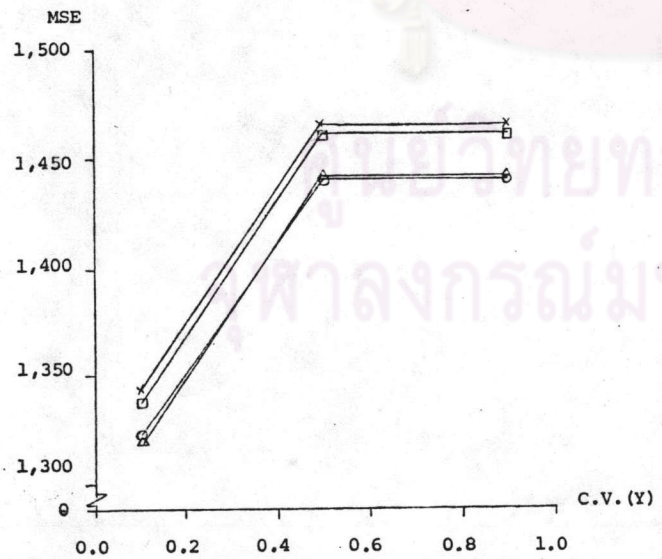
109. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$



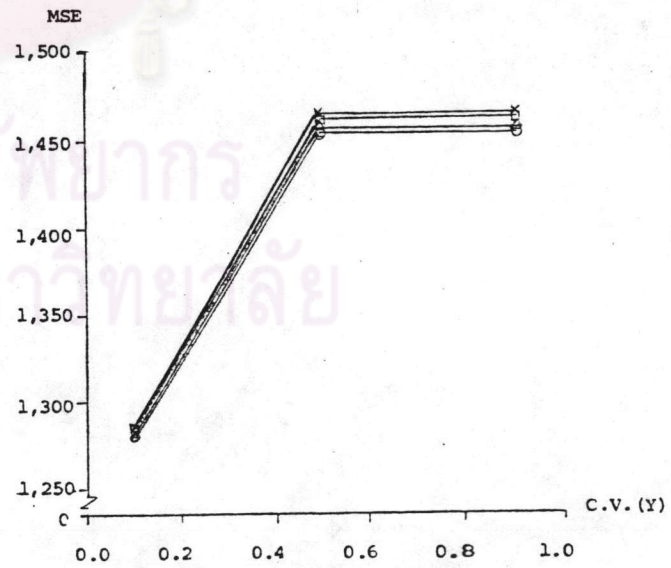
110. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$



111. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$



112. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$



—×— วิธี ANOVA	—△— วิธี MIVQUE
—○— วิธี ML	—□— วิธี I-MIVQUE

4.3.5 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์รวมทั้ง 4 ตัว

ตารางที่ 15 เป็นความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์รวมกัน ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha) + MSE(\hat{\sigma}^2_\beta) + MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}) + MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$) ปรากฏว่าวิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยที่สุด วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยเป็นอันดับสอง วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมมากที่สุด ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$ ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยกว่าวิธี MIVQUE และวิธี I-MIVQUE

รูปที่ 113 - รูปที่ 120 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์รวมกัน ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha) + MSE(\hat{\sigma}^2_\beta) + MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}) + MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 116) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA ลดลง ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$ (รูปที่ 118) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีลดลง

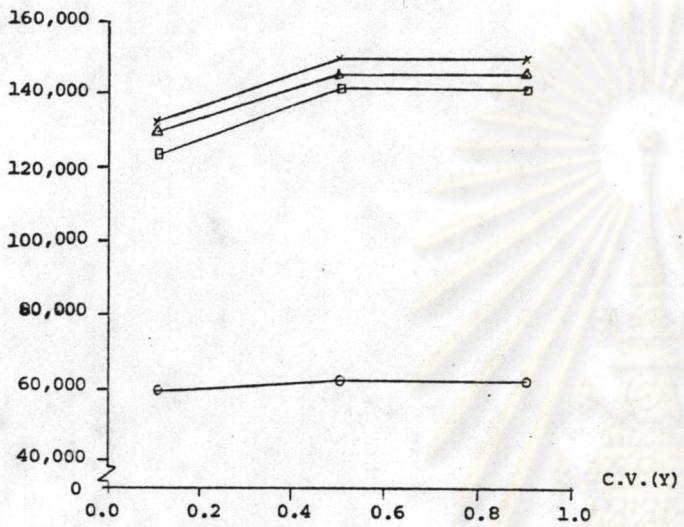
สถานการณ์อื่น ๆ ให้ผลเหมือนกันคือ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 15 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมโดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 2x2

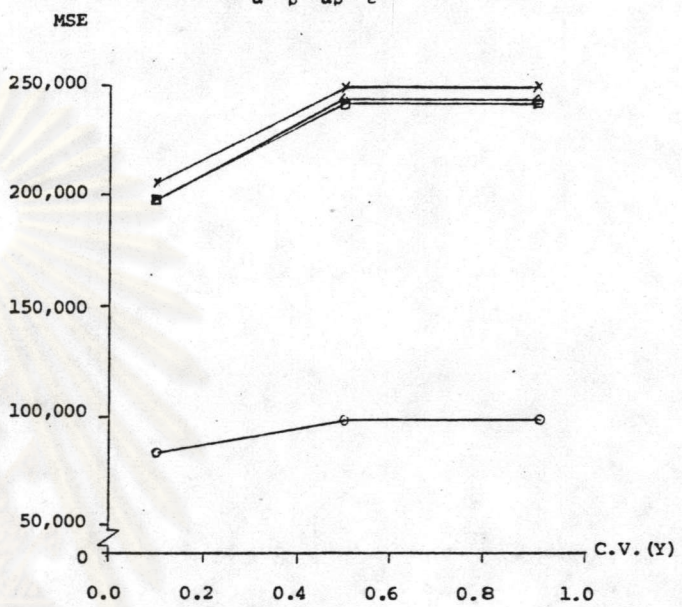
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี /MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	132370.7420	44.6994	97.5117	92.7142
	2:1:1:1	204564.7778	40.7500	96.5089	97.0149
	1:2:1:1	225552.2850	41.8358	98.2848	93.4140
	2:2:1:1	212033.7411	46.7685	97.0629	95.3606
	1:1:2:1	240731.2775	38.9664	92.8755	89.8546
	2:1:2:1	252575.5356	50.0962	99.0396	99.4339
	1:2:2:1	253878.2359	42.9939	93.2864	90.0864
	2:2:2:1	278035.9447	61.5971	110.1268	108.8332
0.5	1:1:1:1	149610.5636	41.7149	97.0831	94.6777
	2:1:1:1	249170.9482	39.4748	97.7243	97.2205
	1:2:1:1	261493.3683	38.6860	97.1133	94.0063
	2:2:1:1	452386.5526	30.0243	77.8894	76.5875
	1:1:2:1	29447.8824	41.6374	93.8688	90.5516
	2:1:2:1	403773.3164	40.6223	95.0951	93.6455
	1:2:2:1	442762.7153	39.3224	94.6227	89.8035
	2:2:2:1	553854.4010	40.1286	95.0670	91.9042
0.9	1:1:1:1	149609.2755	41.7112	97.0809	94.6777
	2:1:1:1	249169.3415	39.4470	97.7264	97.2244
	1:2:1:1	261491.8066	38.7082	97.1193	94.0063
	2:2:1:1	362384.4781	37.4935	97.2295	95.6133
	1:1:2:1	294476.3276	41.6591	93.8699	90.5521
	2:1:2:1	377688.9785	42.4043	96.6260	94.0901
	1:2:2:1	442759.9585	39.3022	94.6242	89.8061
	2:2:2:1	553853.2988	40.1268	95.0720	91.9063

ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

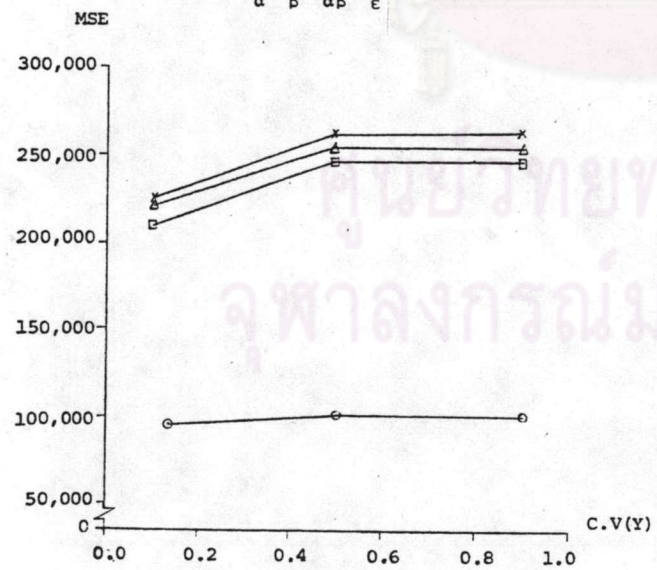
113. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:1:1:1$



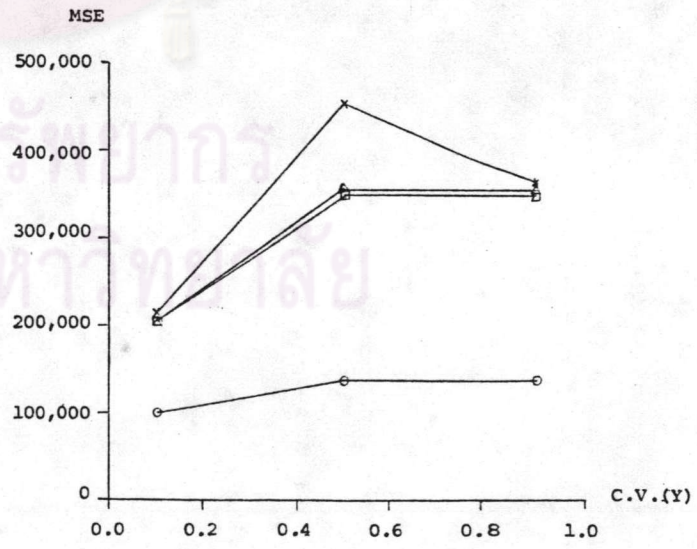
114. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:1:1:1$



115. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:2:1:1$



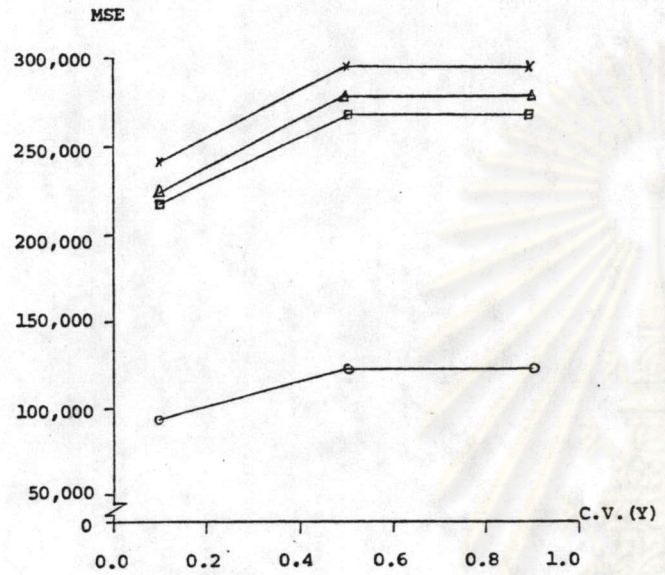
116. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:2:1:1$



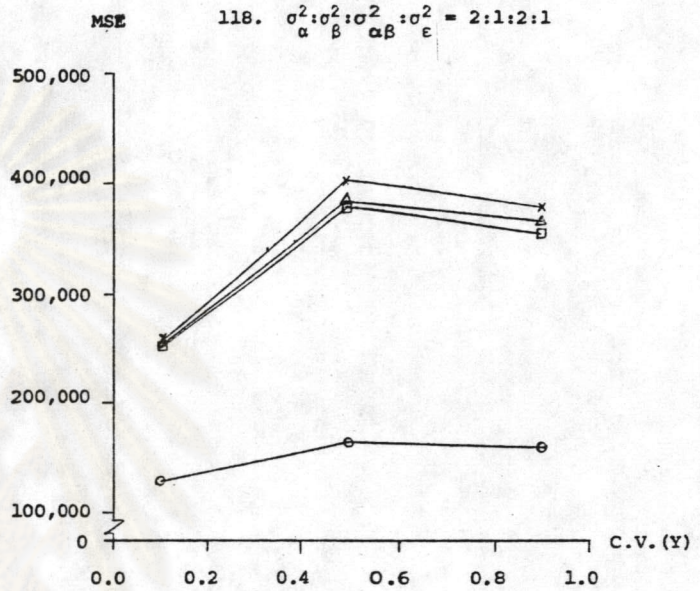
วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

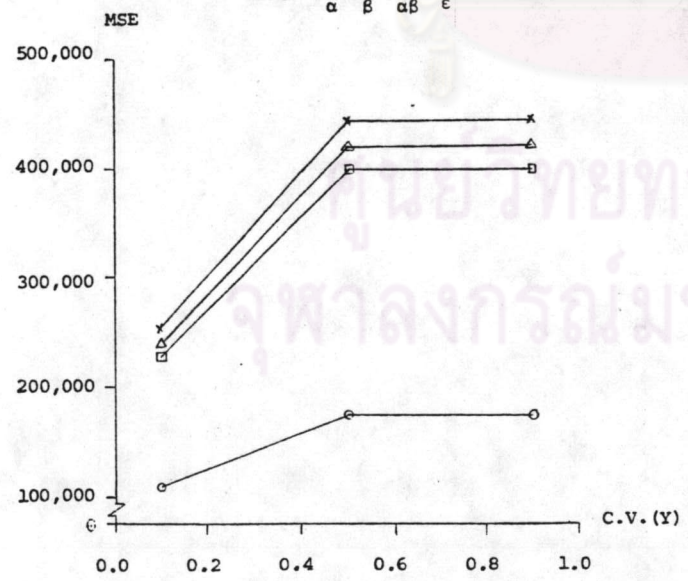
117. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:1:2:1$



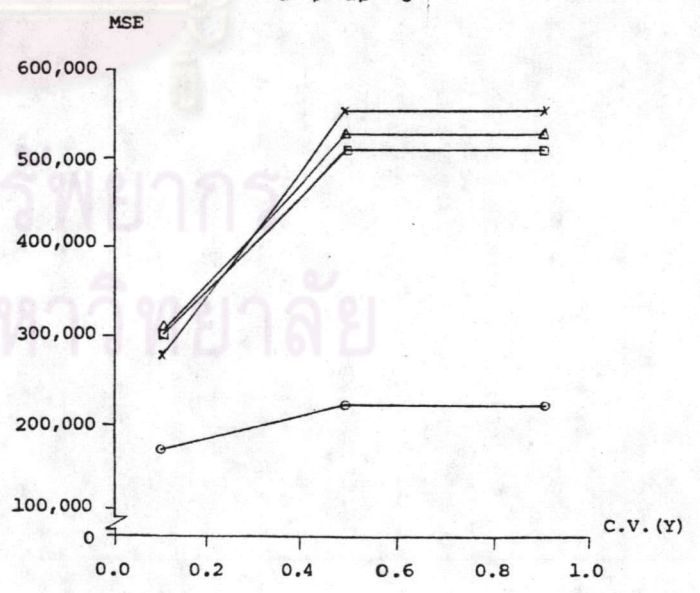
118. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:1:2:1$



119. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:2:2:1$



120. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:2:2:1$



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

4.4 กรณีที่ขนาดตัวอย่าง = 20 และแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

4.4.1 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 (A Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\alpha$

ตารางที่ 16 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$ ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมากที่สุด ยกเว้นสถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 , 2:1:1:1 , 2:2:1:1 และ C.V.(Y) = 0.1, 0.5, 0.9 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี MIVQUE

สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 , 2:1:1:1, 2:2:1:1, 2:2:2:1 สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.5, 0.9 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1, 2:1:1:1, 2:2:1:1 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี I-MIVQUE

รูปที่ 121- รูปที่ 128 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$ กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 (รูปที่ 121) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลงเลย

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1 (รูปที่ 122) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1 (รูปที่ 123) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความลคาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง

เฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 2:2:1:1$ (รูปที่ 124) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 1:1:2:1$ (รูปที่ 125) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA กับวิธี MIVQUE ลดลงเล็กน้อย วิธี ML เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนวิธี I-MIVQUE ไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 2:1:2:1$ (รูปที่ 126) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 1:2:2:1$ (รูปที่ 127) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML เพิ่มขึ้น ส่วนวิธีอื่น ๆ ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 2:2:2:1$ (รูปที่ 128) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

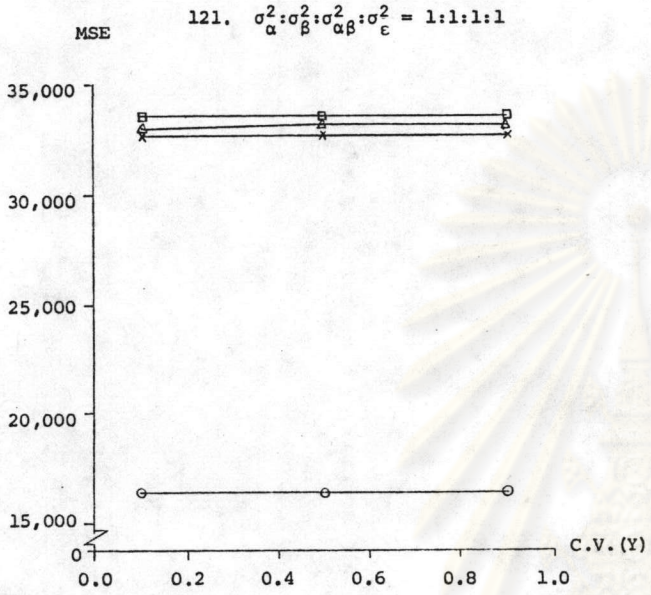
ตารางที่ 16 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองของ $\hat{\sigma}^2_\alpha$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลขนาด 3x3

พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี / MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V.(Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	32693.2022	50.2313	101.4227	102.7416
	2:1:1:1	79967.2207	57.0433	107.1153	111.0324
	1:2:1:1	25862.0234	54.5846	97.1833	99.1795
	2:2:1:1	69331.9131	64.3288	109.0427	114.7575
	1:1:2:1	39333.3799	38.5364	78.5832	82.2373
	2:1:2:1	58450.8096	52.1873	79.9728	95.3867
	1:2:2:1	38425.0918	48.5708	91.7109	93.7303
	2:2:2:1	70712.4688	60.5804	98.2452	107.0761
0.5	1:1:1:1	32691.9531	50.1651	101.5073	102.7712
	2:1:1:1	80389.9032	56.6596	106.9415	110.8852
	1:2:1:1	31741.3682	50.5517	96.3566	97.6541
	2:2:1:1	68082.3681	62.2381	106.1137	111.8310
	1:1:2:1	39169.4170	38.8681	78.7688	82.3581
	2:1:2:1	65358.5352	51.8165	86.0701	99.8622
	1:2:2:1	40987.7178	39.9145	77.4373	81.3006
	2:2:2:1	68348.4336	50.7384	82.1044	95.7636
0.9	1:1:1:1	32691.7861	50.1396	101.5112	102.7715
	2:1:1:1	80389.9891	56.6877	106.9396	110.8845
	1:2:1:1	31741.0742	50.5190	96.3595	97.6546
	2:2:1:1	68082.3182	62.3386	106.1139	111.8321
	1:1:2:1	39169.0624	38.8970	73.7720	82.3588
	2:1:2:1	65358.4297	51.8161	86.0735	99.8644
	1:2:2:1	40987.6182	39.9256	77.4378	81.3009
	2:2:2:1	68348.1786	50.7415	82.1072	95.7643

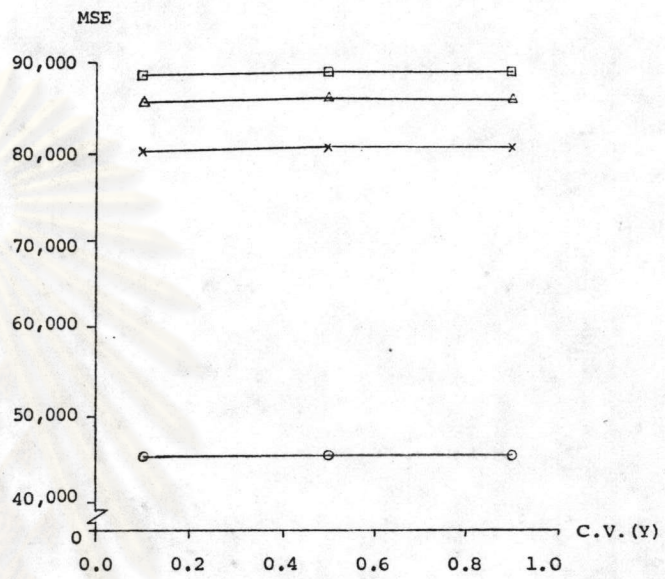
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$)

ในแผนแบบการทดลองไมาล่มดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

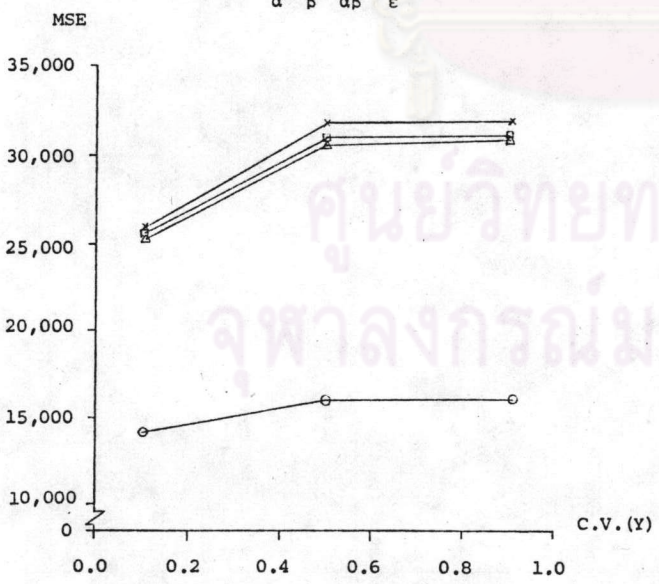
121. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$



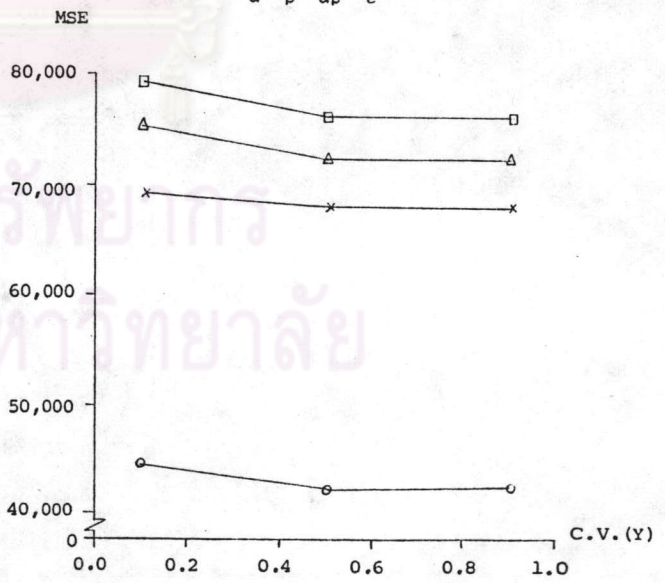
122. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$



123. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$



124. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$

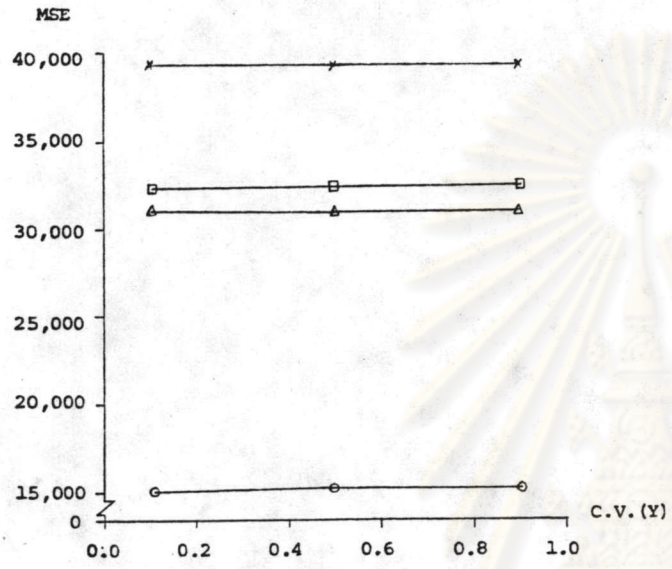


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

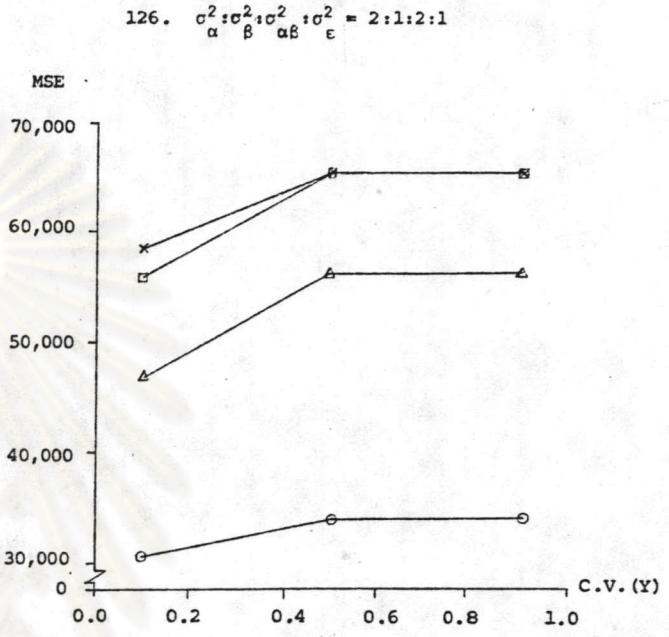
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 1 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

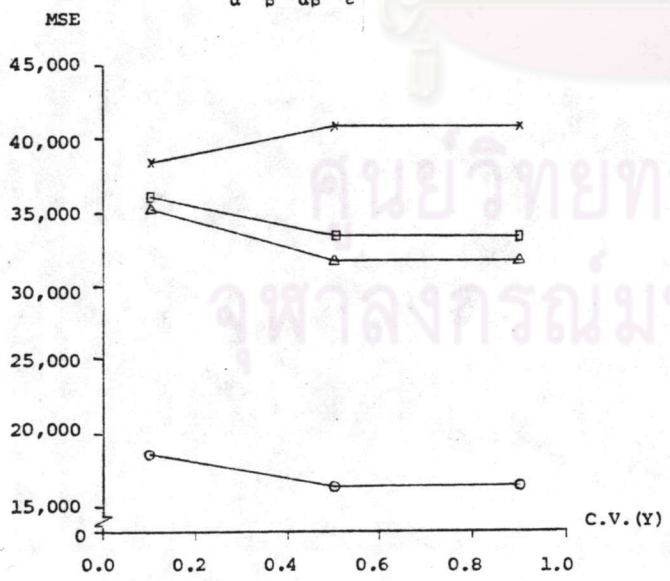
125. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



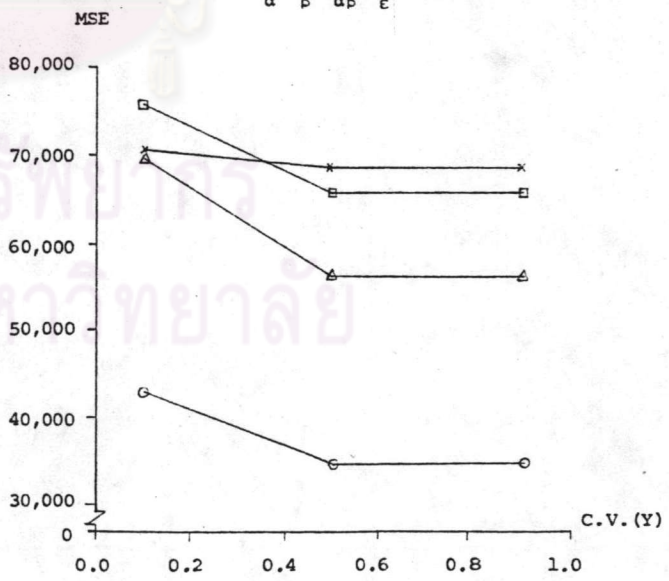
126. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



127. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



128. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 (B-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\beta$

ตารางที่ 17 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 (MSE$(\hat{\sigma}^2_\beta)$) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณมากที่สุด ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$, $2:2:1:1$ สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.5, 0.9 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี MIVQUE สถานการณ์ที่ = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$, $2:2:1:1$, $2:2:2:1$ สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.5, 0.9 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี I-MIVQUE

รูปที่ 129 - รูปที่ 136 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 (MSE$(\hat{\sigma}^2_\beta)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$ (รูปที่ 129) $2:1:1:1$ (รูปที่ 130) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลงเลย เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$ (รูปที่ 135) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

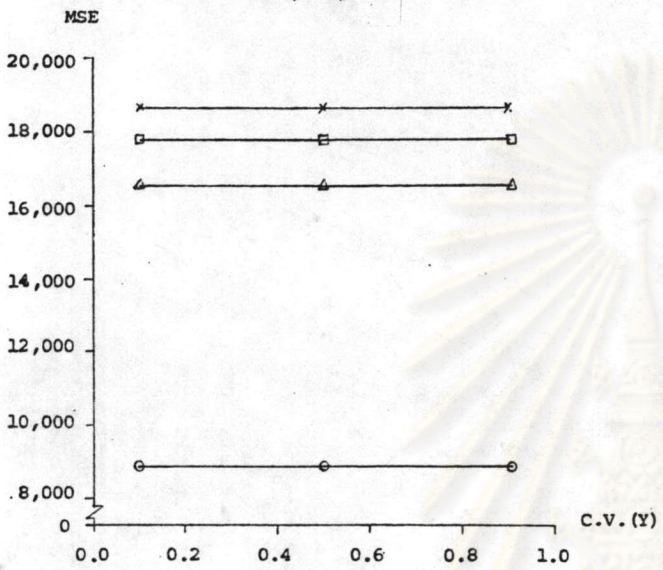
สถานการณ์อื่น ๆ ให้ผลเหมือนกันคือ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 17 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\beta$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลอง แบบไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

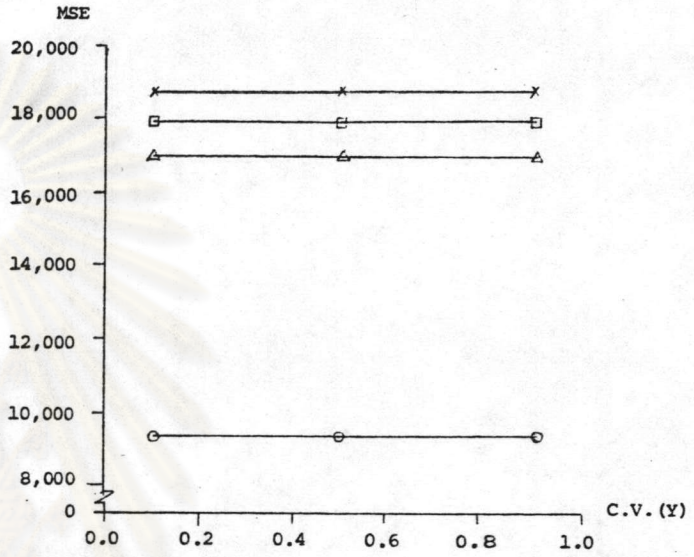
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี /MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V.(Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	18648.5488	47.5190	88.9465	95.3481
	2:1:1:1	18755.4140	50.1336	90.3663	95.8104
	1:2:1:1	54417.9395	55.2489	104.5718	111.3709
	2:2:1:1	54053.7178	57.6001	106.1338	111.7315
	1:1:2:1	27163.1534	39.0058	69.8256	81.0877
	2:1:2:1	38896.9189	34.8710	71.9959	79.0545
	1:2:2:1	78571.9911	45.8282	91.9227	91.1269
	2:2:2:1	64149.6738	52.3863	91.7363	101.1883
0.5	1:1:1:1	18646.1836	47.5615	88.9598	95.3698
	2:1:1:1	18759.3248	50.1414	90.3574	95.7963
	1:2:1:1	64654.6826	48.1170	93.9804	98.4005
	2:2:1:1	54492.1279	57.6911	106.9443	112.4205
	1:1:2:1	28743.1631	38.8977	71.8932	82.4565
	2:1:2:1	40365.0391	41.2224	84.2281	91.1458
	1:2:2:1	62511.7363	50.1523	87.6885	96.7593
	2:2:2:1	77251.5518	47.7452	92.3558	98.2336
0.9	1:1:1:1	18645.9424	47.5784	88.9621	95.3684
	2:1:1:1	18759.0781	50.1178	90.3602	95.7991
	1:2:1:1	64654.4102	48.1173	93.9356	98.4021
	2:2:1:1	54491.9531	57.6431	106.9523	112.4237
	1:1:2:1	28742.9180	38.8868	71.8965	82.4590
	2:1:2:1	40364.8291	41.2188	84.2293	91.1444
	1:2:2:1	62511.5762	50.1551	87.6884	96.7604
	2:2:2:1	77251.4268	47.7560	92.3570	98.2339

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

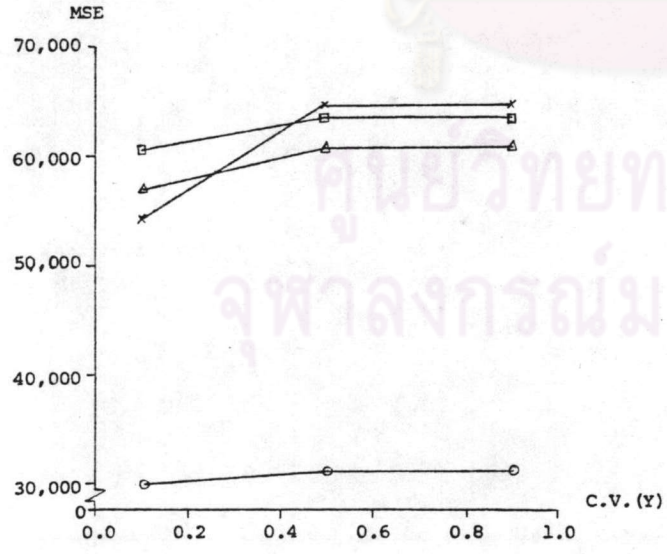
129. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$



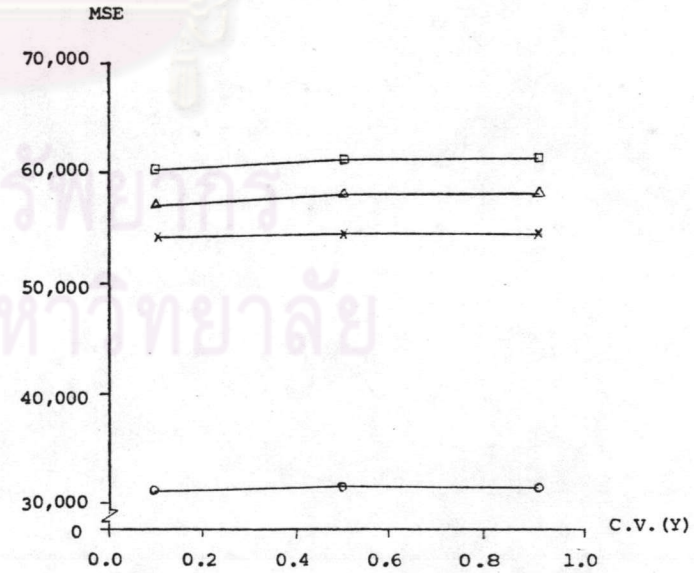
130. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$



131. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$



132. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$

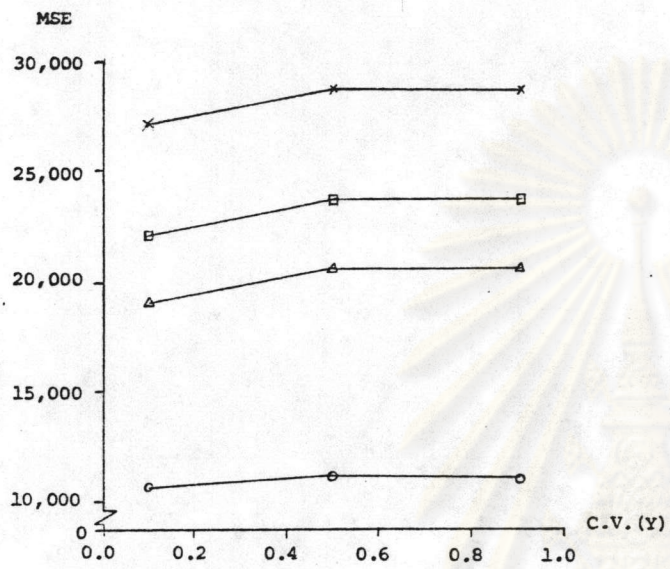


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

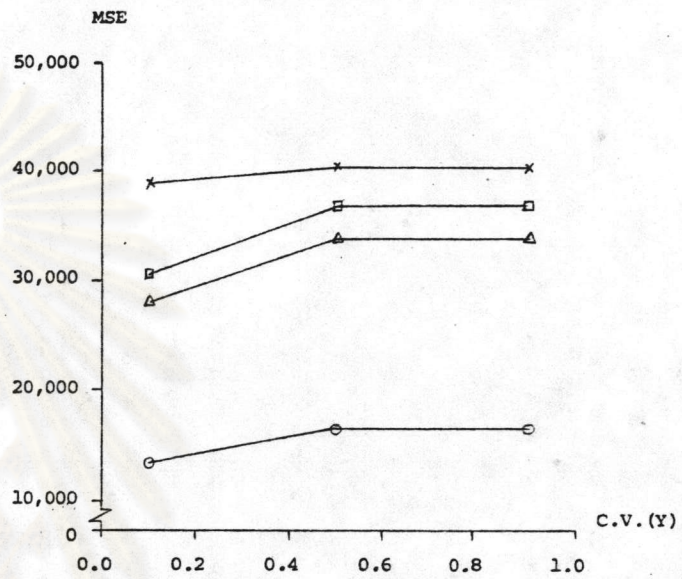
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 2 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\beta)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลขนาด 2 x 2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

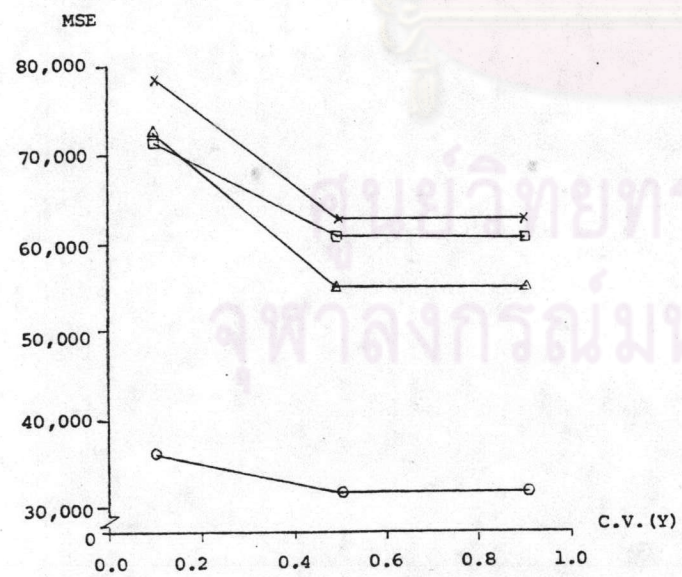
133. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$



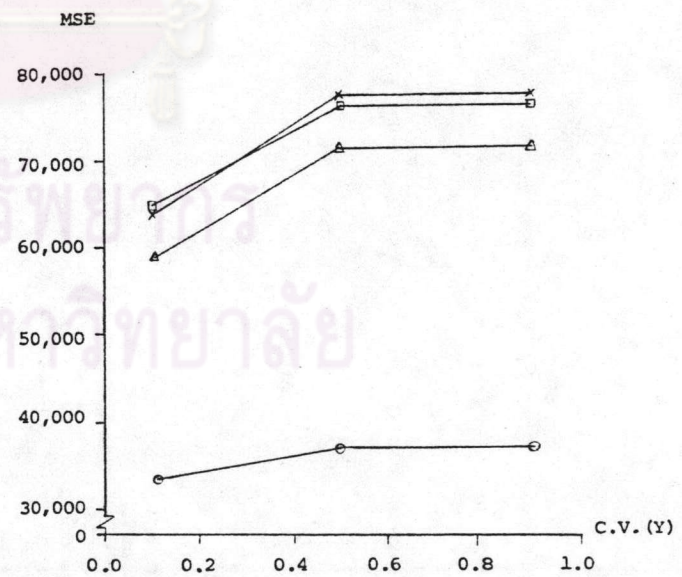
134. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$



135. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$



136. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3 <u>การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 (AB-Effect)</u> คือ $\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$

ตารางที่ 18 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$) ปรากฏว่าวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ ยกเว้นสถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1 สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.5, 0.9 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1 , 2:2:2:1 ที่วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี ANOVA สถานการณ์ที่ C.V.(Y)= 0.1 และ$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1, 2:1:2:1, 2:2:2:1 สถานการณ์ที่ C.V.(Y)= 0.5,0. 9 และ$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1, 1:2:2:1 2:2:2:1 ที่วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี ANOVA สถานการณ์ที่ C.V.(Y) =0.1,0.5,0.9 และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1, 2:2:2:1 ที่วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยกว่าวิธี ANOVA

รูปที่ 137 - รูปที่ 144 แสดงความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 (รูปที่ 137) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ลดลง เล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1 (รูปที่ 138) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA ไม่เปลี่ยนแปลง วิธี ML เพิ่มขึ้น วิธี MIVQUE กับวิธี I-MIVQUE ลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:1:1 (รูปที่ 139) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยตัวประมาณทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA เพิ่มขึ้น ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 140) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ML ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$ (รูปที่ 141) $2:1:2:1$ (รูปที่ 142) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$ (รูปที่ 143) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$ (รูปที่ 144) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA กับวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้น ส่วนวิธี ML กับวิธี I-MIVQUE ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

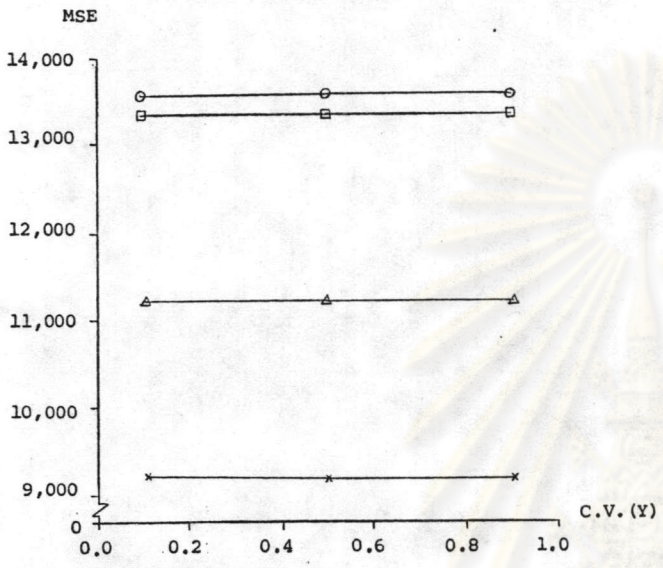
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

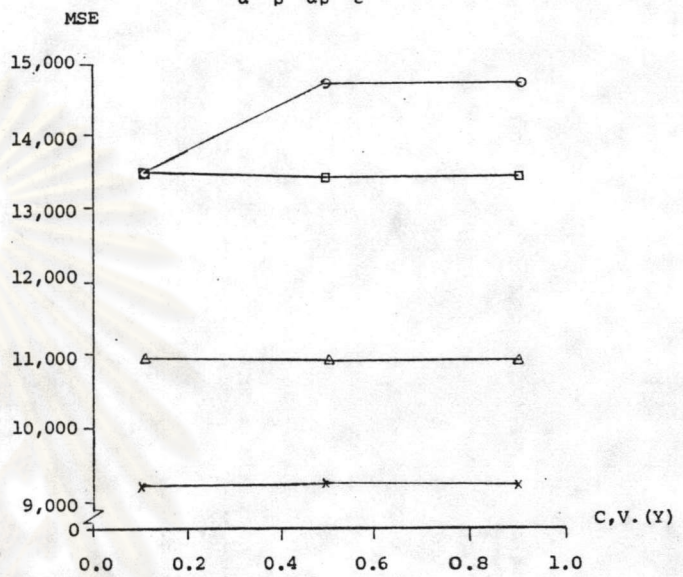
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100 (MSE ของแต่ละวิธี / MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	9166.3486	147.8424	122.2792	145.3624
	2:1:1:1	9218.5381	146.4889	118.4548	146.0330
	1:2:1:1	11151.5205	146.2271	116.6025	133.5621
	2:2:1:1	11024.9326	149.4689	111.2716	129.6718
	1:1:2:1	32039.1533	102.0072	99.6495	103.2521
	2:1:2:1	37119.6025	86.3565	87.6480	83.9885
	1:2:2:1	36904.5029	113.7741	101.7577	111.2611
	2:2:2:1	34992.3682	102.4826	87.3886	93.3900
0.5	1:1:1:1	9165.3467	147.8728	122.2822	145.3245
	2:1:1:1	9222.6504	159.6423	118.0565	145.3986
	1:2:1:1	7957.4970	161.0822	129.6919	145.6782
	2:2:1:1	11324.4434	151.8410	113.8767	131.6297
	1:1:2:1	32167.3730	102.7755	100.3769	103.8362
	2:1:2:1	38350.0332	84.7455	86.0398	82.0077
	1:2:2:1	32648.8867	109.8001	95.2351	101.8514
	2:2:2:1	38776.8984	87.8259	85.8087	81.0846
0.9	1:1:1:1	9165.4170	147.8702	122.2750	145.3212
	2:1:1:1	9222.5986	159.6542	118.0564	145.8985
	1:2:1:1	9207.5117	139.2195	112.0837	125.9001
	2:2:1:1	11324.5752	151.8168	113.8756	131.6276
	1:1:2:1	32167.0889	102.7756	100.3778	103.3376
	2:1:2:1	38350.3028	84.7445	86.0379	82.0065
	1:2:2:1	32648.9082	109.8001	95.2349	101.3516
	2:2:2:1	38777.0331	87.8294	85.8083	81.0841

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

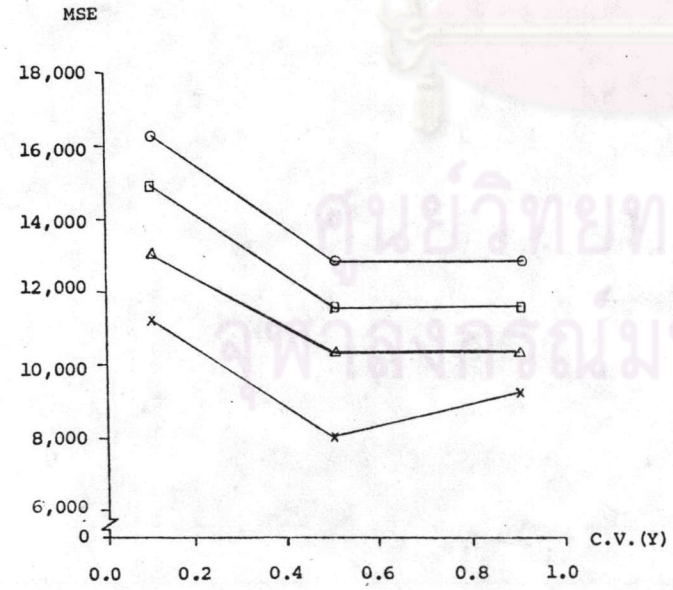
137. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$



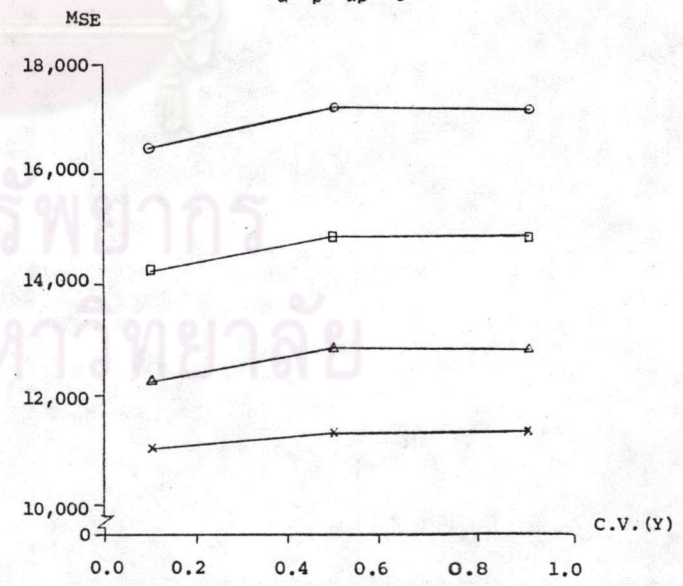
138. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$



139. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$



140. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$

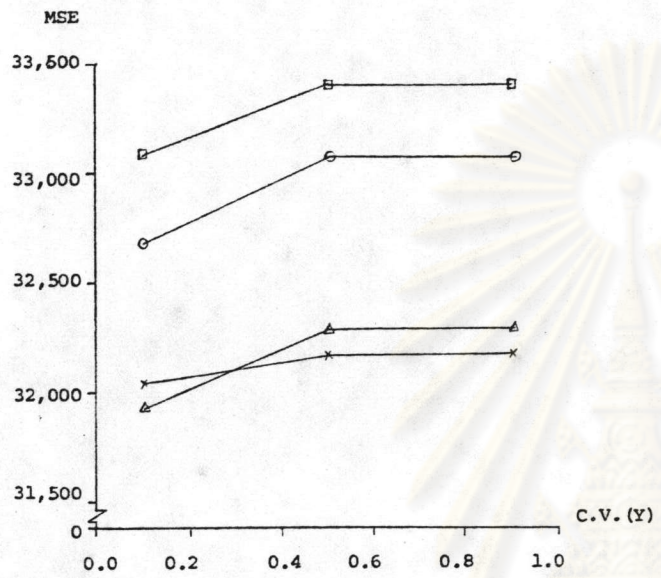


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

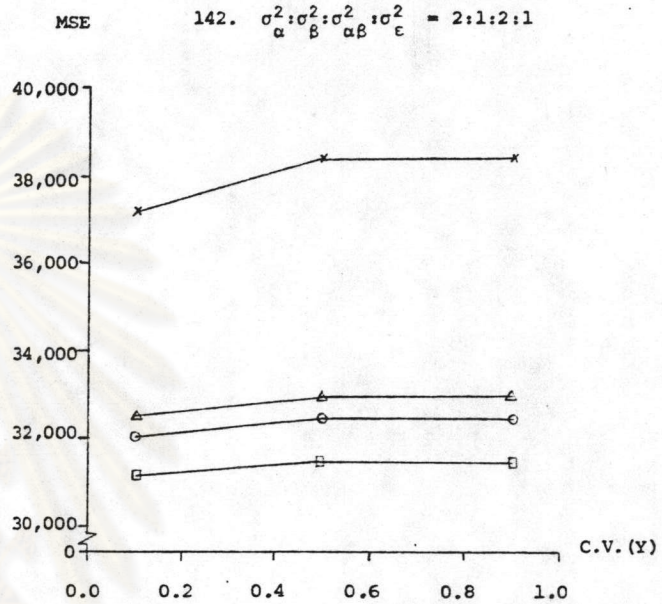
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 3 ($MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta})$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

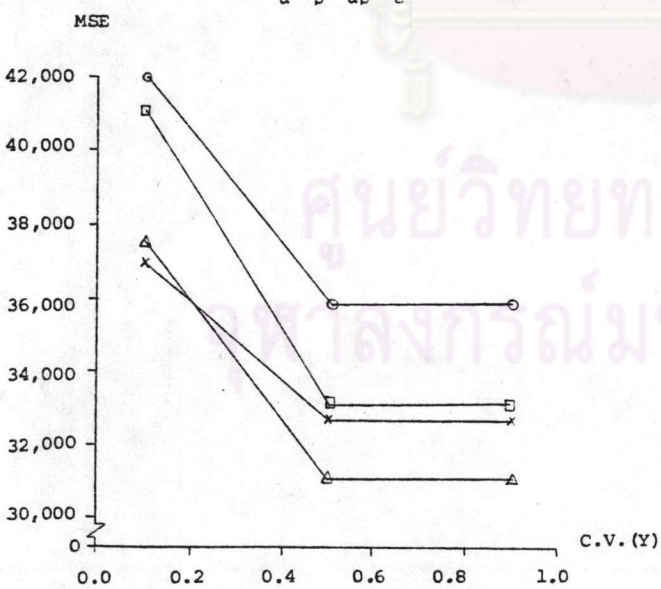
141. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



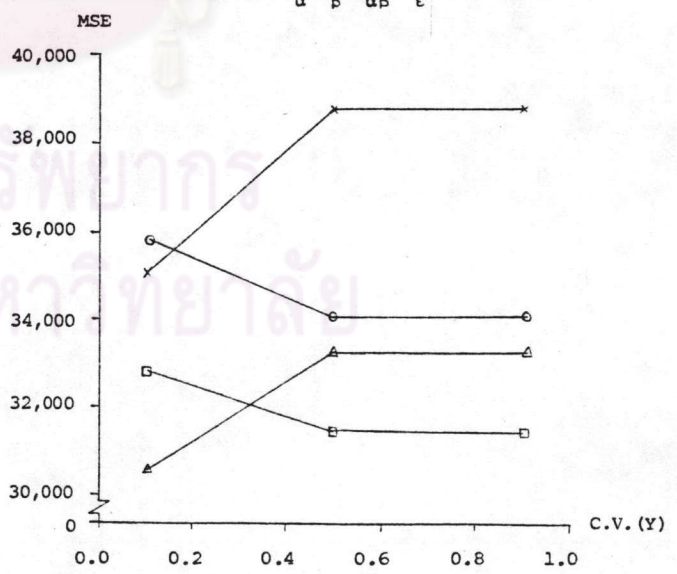
142. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



143. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



144. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.4 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (Error-Effect) คือ $\hat{\sigma}^2_\varepsilon$

ตารางที่ 19 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE $(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$)ปรากฏว่าวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าทุก ๆ วิธี ยกเว้นสถานการณ์ต่อไปนี้คือ สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$ สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.5, 0.9 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$ ที่วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี ANOVA สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$ สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.5 , 0.9 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1 , 2:2:2:1$ ที่วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณน้อยกว่าวิธี ANOVA

รูปที่ 145 - รูปที่ 152 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 (MSE $(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$ (รูปที่ 145) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี MIVQUE กับวิธี I-MIVQUEเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนวิธี ANOVA กับวิธี ML ไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$ (รูปที่ 147) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี I-MIVQUE ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ โดยวิธี ANOVA เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 2:1:2:1$ (รูปที่ 150)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้น ส่วนวิธีอื่น ๆ ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 1:2:2:1$ (รูปที่ 151)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี I-MIVQUE เพิ่มขึ้น ส่วนวิธีอื่น ๆ ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma_\alpha^2 : \sigma_\beta^2 : \sigma_{\alpha\beta}^2 : \sigma_\varepsilon^2 = 2:2:2:1$ (รูปที่ 152)

เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ANOVA กับ วิธี I-MIVQUE เพิ่มขึ้น ส่วนวิธี ML กับวิธี MIVQUE ลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์อื่น ๆ ให้ผลเหมือนกันคือ เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ ทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

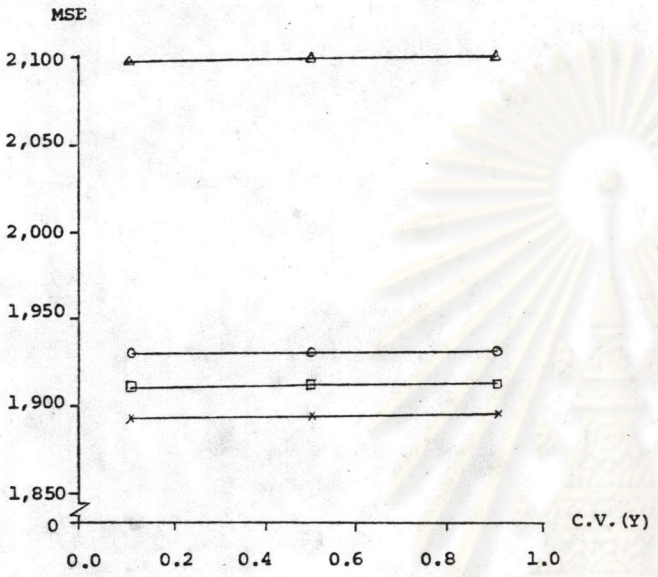
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\sigma}^2_\varepsilon$ โดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

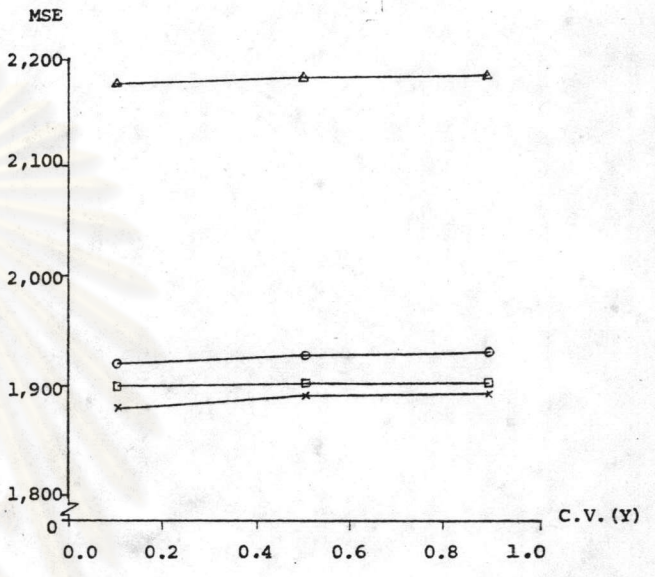
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี /MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V.(Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธีML	วิธีMIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	1893.1315	101.9611	110.8117	100.8945
	2:1:1:1	1878.7158	102.3155	115.8317	101.1214
	1:2:1:1	2018.5987	103.9696	109.7823	102.7037
	2:2:1:1	1938.0430	103.1209	111.8120	101.9415
	1:1:2:1	1967.9962	101.7674	109.8426	100.2900
	2:1:2:1	1881.0349	99.3900	107.0695	98.870$_3$
	1:2:2:1	1957.6833	104.1907	119.4162	100.7379
	2:2:2:1	1759.6292	106.4323	132.8659	102.7381
0.5	1:1:1:1	1893.1265	101.9493	110.8549	100.9848
	2:1:1:1	1891.3471	101.9310	115.3951	100.5336
	1:2:1:1	2031.7186	103.5765	109.3078	102.0606
	2:2:1:1	1997.9384	104.0427	108.7437	102.9111
	1:1:2:1	1981.4733	101.9749	110.3803	100.5033
	2:1:2:1	1816.9315	100.5021	119.2339	99.061$_8$
	1:2:2:1	1926.6822	104.3817	121.1149	102.6231
	2:2:2:1	1816.9524	98.4803	115.9893	99.6271
0.9	1:1:1:1	1893.1367	101.9519	110.8550	100.9863
	2:1:1:1	1891.3740	101.9296	115.3962	100.5342
	1:2:1:1	2031.7424	103.5750	109.3073	102.0615
	2:2:1:1	1997.9468	104.0432	108.7466	102.9131
	1:1:2:1	1981.4946	101.9733	110.3803	100.5032
	2:1:2:1	1816.9402	100.5033	119.2348	99.0623
	2:1:1:2	1926.6831	104.3821	121.1162	102.6248
	2:2:2:1	1816.9247	98.4872	115.9930	99.6282

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คอมโพเนนท์ที่ 4 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$)
ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

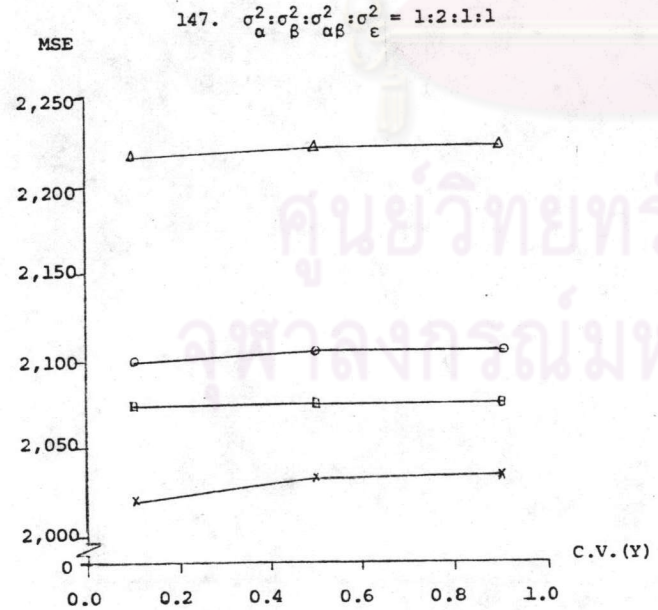
145. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$



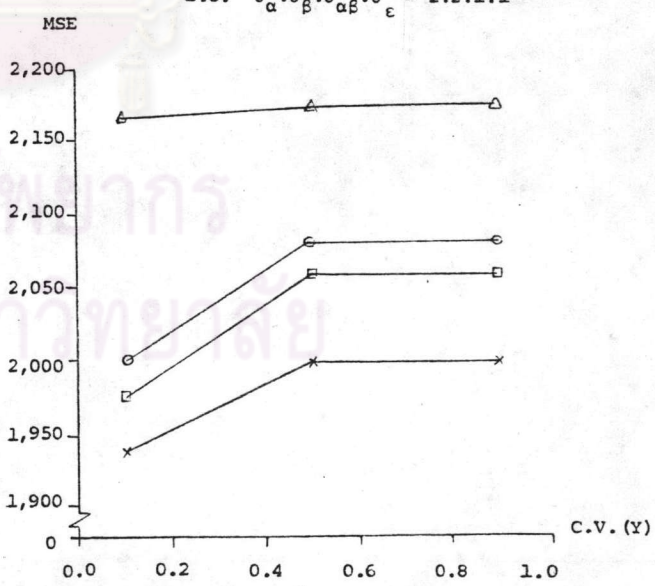
146. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$



147. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$



148. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$



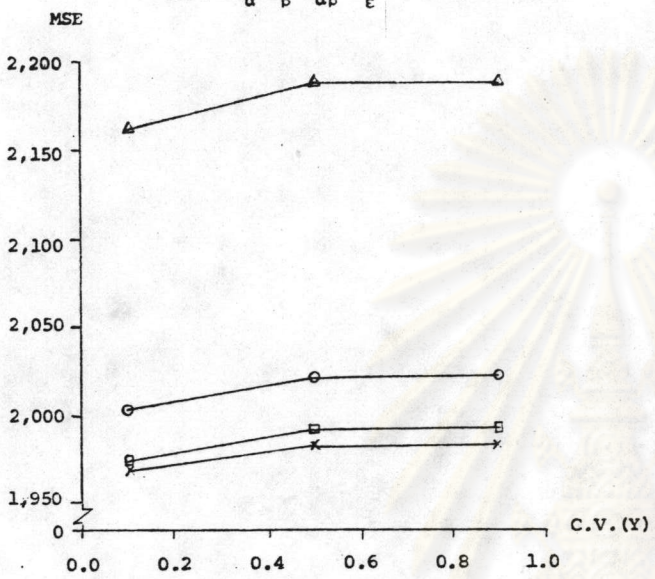
วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

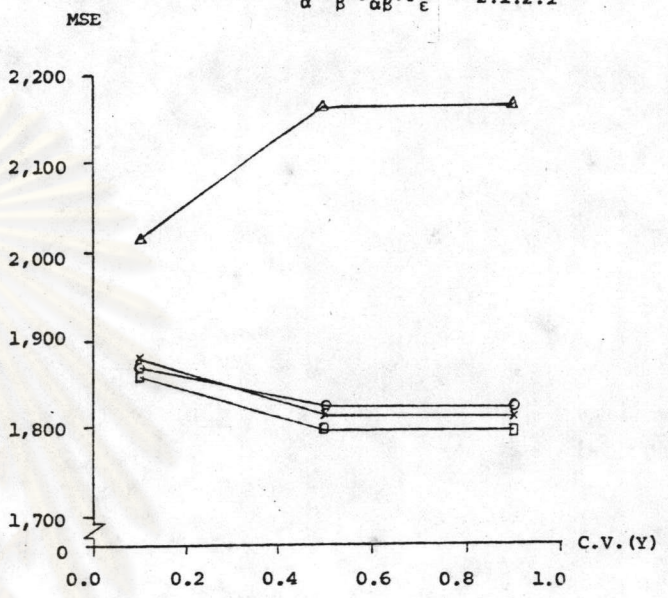
ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์คัมโพเนนท์ที่ 4 ($MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$)

ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

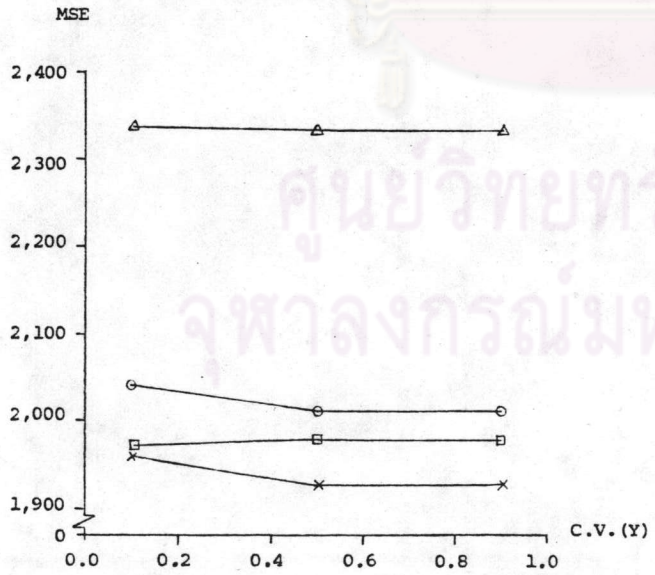
149. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:2:1



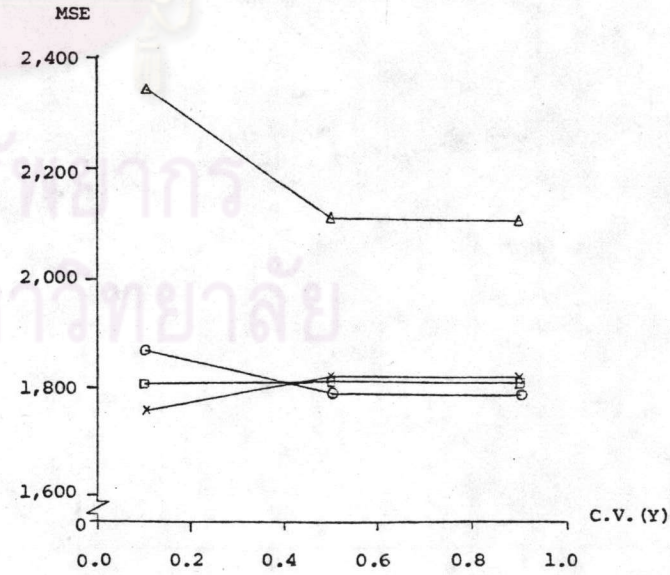
150. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:2:1



151. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:2:2:1



152. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 2:2:2:1



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.5 การประมาณค่าแวเรียนซ์คอมโพเนนท์รวมทั้ง 4 ตัว

ตารางที่ 20 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์ แต่ละคอมโพเนนท์รวมกัน ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha) + MSE(\hat{\sigma}^2_\beta) + MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}) + MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$) ปรากฏว่า วิธี ML ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยที่สุด วิธี MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวม น้อยเป็นอันดับสอง วิธี I-MIVQUE ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยเป็นอันดับสาม และวิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมมากที่สุด ยกเว้นสถานการณ์ต่อไปนี้คือ สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 , 2:1:1:1, 1:2:1:2, 2:2:1:1 สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.5 , 0.9 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 , 2:1:1:1 , 2:2:1:1 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยกว่าวิธี MIVQUE สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.1 และ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 , 2:1:1:1, 1:2:1:1, 2:2:1:1 , 2:2:2:1 สถานการณ์ที่ C.V.(Y) = 0.5,0.9และ $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 , 2:1:1:1, 1:2:1:1 , 2:2:1:1 ที่วิธี ANOVA ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมน้อยกว่าวิธี I-MIVQUE

รูปที่ 153 - รูปที่ 160 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์ แต่ละคอมโพเนนท์รวมกัน ($MSE(\hat{\sigma}^2_\alpha) + MSE(\hat{\sigma}^2_\beta) + MSE(\hat{\sigma}^2_{\alpha\beta}) + MSE(\hat{\sigma}^2_\varepsilon)$) กับ C.V.(Y) พบว่า

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 1:1:1:1 (รูปที่ 153) ทุกวิธีให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon$ = 2:1:1:1 (รูปที่ 154) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$ (รูปที่ 155) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณโดยวิธี ML ลดลงเล็กน้อย ส่วนวิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมโดยวิธี ANOVA เพิ่มขึ้น ส่วนอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$ (รูปที่ 156) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธี ลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:1:2:1$ (รูปที่ 157) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยโดยวิธี ANOVAลดลงเล็กน้อยส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:1:2:1$ (รูปที่ 158) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธี ไม่เปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 1:2:2:1$ (รูปที่ 159) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีลดลง แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

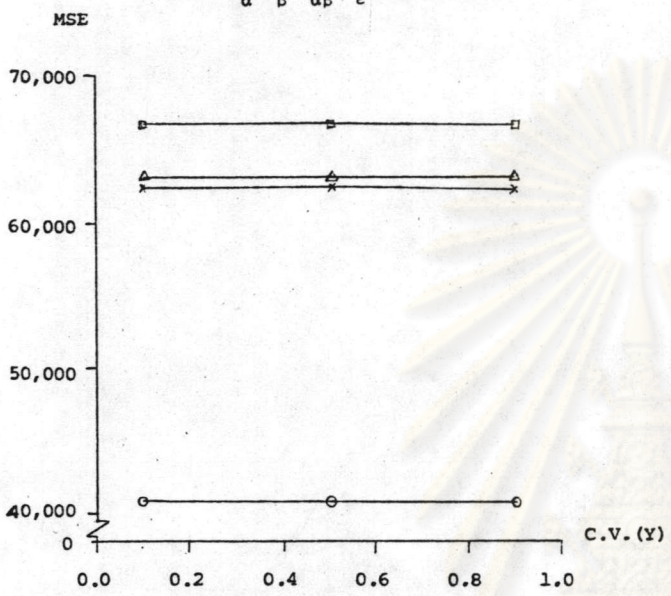
สถานการณ์ที่ $\sigma^2_\alpha : \sigma^2_\beta : \sigma^2_{\alpha\beta} : \sigma^2_\varepsilon = 2:2:2:1$ (รูปที่ 160) เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมโดยวิธี MLกับวิธี I-MIVQUE ลดลง ส่วนวิธี ANOVA กับวิธี MIVQUE เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ C.V.(Y) เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 0.9 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณรวมทั้ง 4 วิธีไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 20 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรวมโดยวิธีต่างๆ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ในแผนการทดลองแบบไม่สมดุลย์ขนาด 3x3

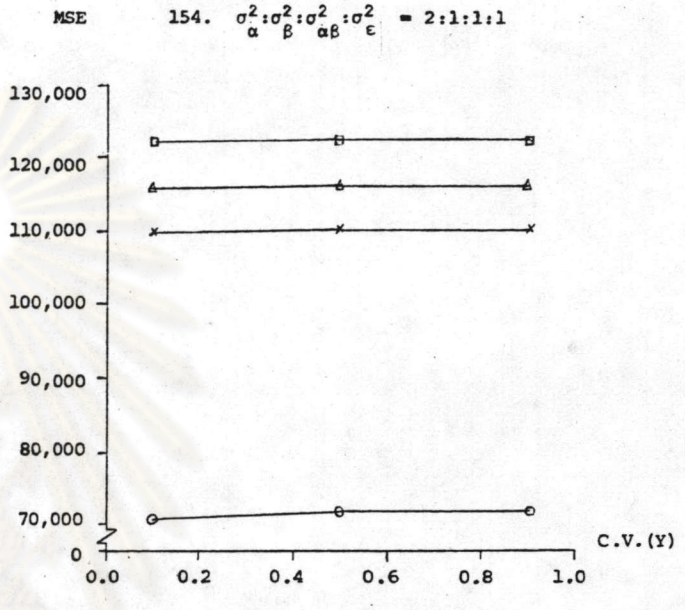
พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูล		MSE ของวิธี ANOVA	100(MSE ของแต่ละวิธี / MSE ของวิธี ANOVA)		
C.V. (Y)	$\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon$		วิธี ML	วิธี MIVQUE	วิธี I-MIVQUE
0.1	1:1:1:1	62401.2311	65.3286	101.0427	106.7367
	2:1:1:1	109819.8887	64.1460	105.3559	111.2012
	1:2:1:1	93450.0820	66.9740	104.0752	110.4578
	2:2:1:1	136348.6064	69.0970	108.1091	114.5817
	1:1:2:1	100503.6827	60.1350	83.5440	88.9793
	2:1:2:1	136348.3658	57.2008	80.1605	87.6725
	1:2:2:1	155859.2691	63.3257	94.5445	96.6570
	2:2:2:1	171614.1400	66.5315	93.9535	102.1421
0.5	1:1:1:1	62396.6098	65.3104	101.0929	106.7557
	2:1:1:1	110263.2249	64.9409	105.1947	111.0273
	1:2:1:1	106385.2664	58.3522	97.6229	101.7840
	2:2:1:1	135896.8778	68.4961	107.1323	113.5861
	1:1:2:1	102061.4264	60.2438	84.2565	89.5075
	2:1 2:1	145890.5389	58.1476	85.9655	92.7472
	1:2:2:1	138075.0229	61.9741	86.8963	93.3380
	2:2:2:1	186193.8362	57.6863	87.4598	93.7690
0.9	1:1:1:1	62396.2822	65.3019	101.0946	106.7552
	2:1:1:1	110263.0398	64.9583	105.1938	111.0273
	1:2:1:1	107634.7384	57.6657	96.4930	100.6031
	2:2:1:2	135896.7933	68.5273	107.1356	113.5878
	1:1:2:1	102060.5638	60.2518	84.2590	89.5089
	2:1:2:1	145890.5017	58.1463	85.9669	92.7475
	1:2:2:1	138074.7856	61.9787	86.8964	93.3387
	2:2:2:1	186193.5811	57.6928	87.4613	93.7693

ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์ในแผนแบบการทดลองขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

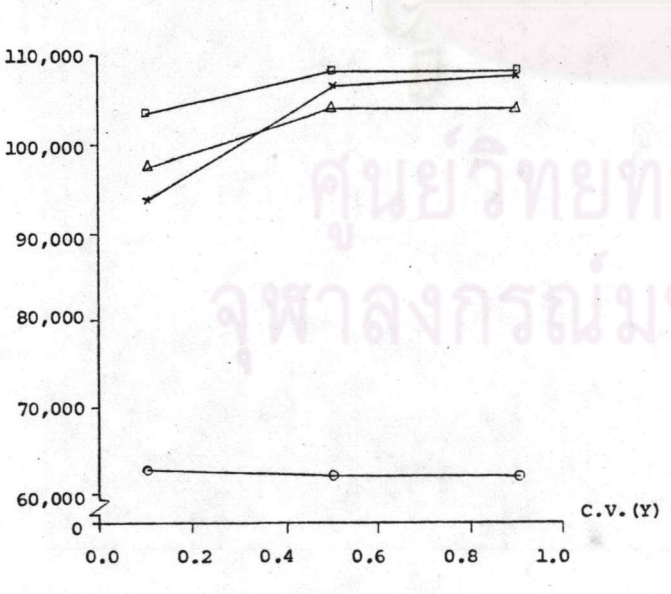
153. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:1:1:1$



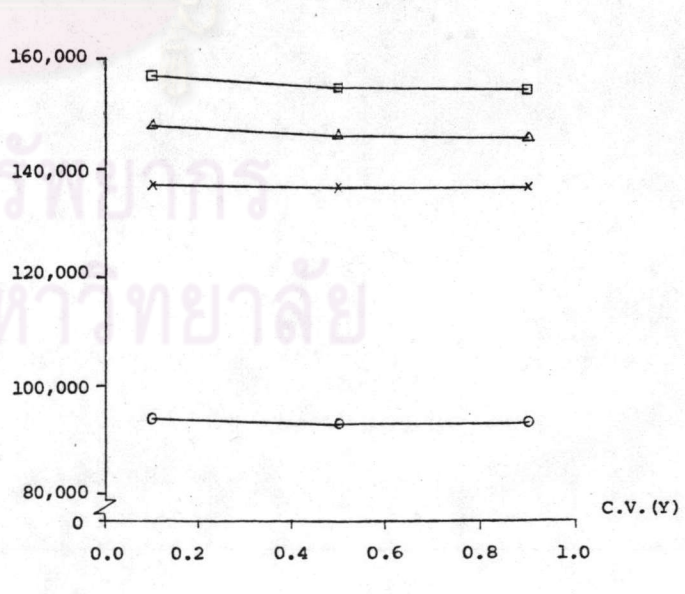
154. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:1:1:1$



155. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 1:2:1:1$



156. $\sigma^2_\alpha:\sigma^2_\beta:\sigma^2_{\alpha\beta}:\sigma^2_\varepsilon = 2:2:1:1$

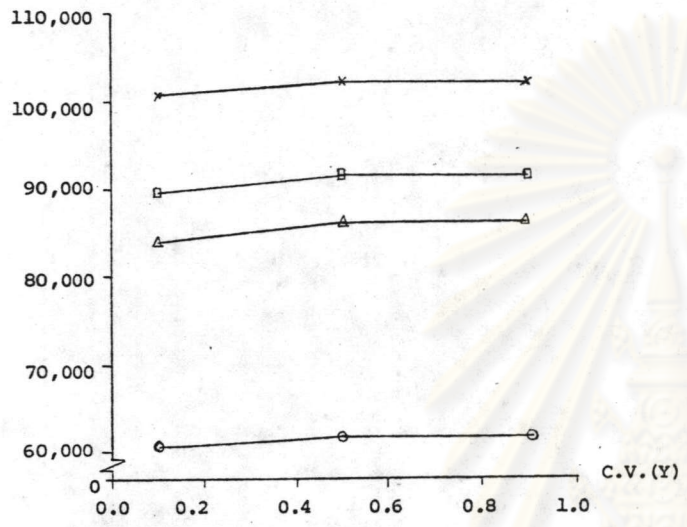


วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE

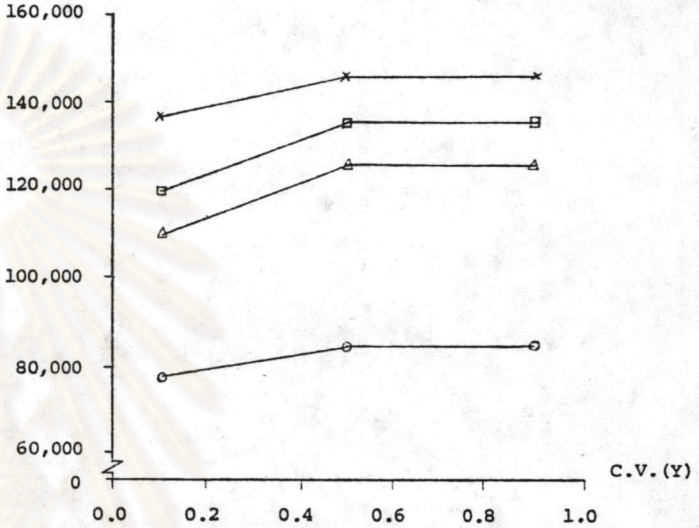
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณแวเรียนซ์แต่ละคอมโพเนนท์ ในแผนแบบการทดลองไม่สมดุลย์ขนาด 3 x 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

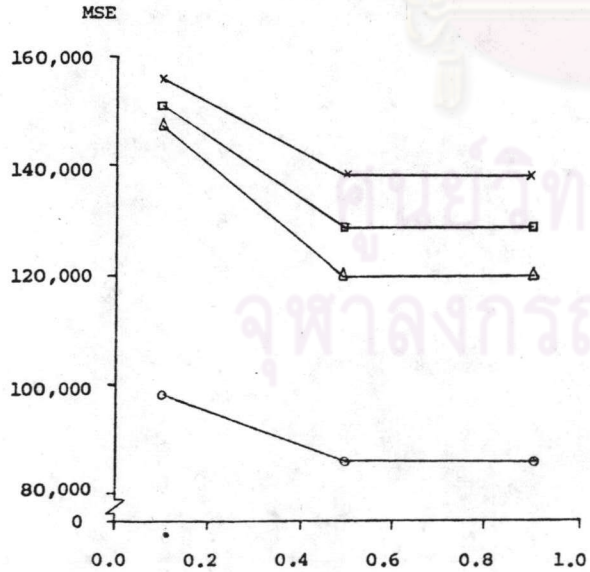
157. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:1:2:1$



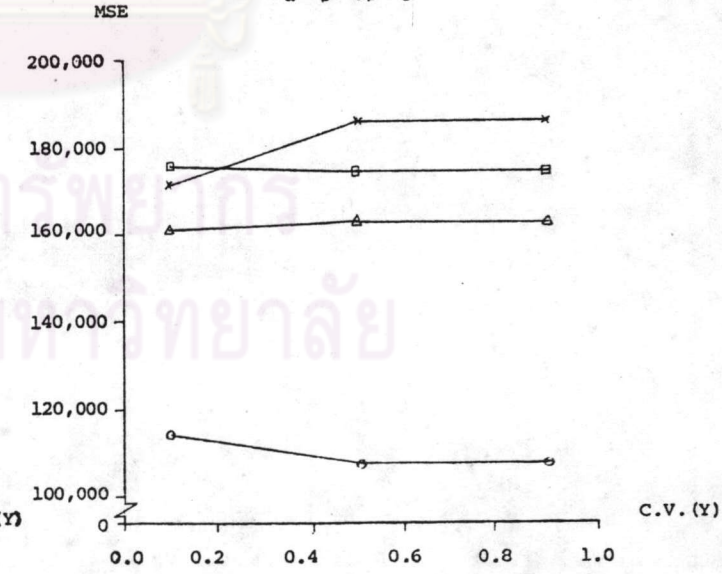
158. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:1:2:1$



159. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 1:2:2:1$



160. $\sigma_\alpha^2:\sigma_\beta^2:\sigma_{\alpha\beta}^2:\sigma_\varepsilon^2 = 2:2:2:1$



วิธี ANOVA	วิธี MIVQUE
วิธี ML	วิธี I-MIVQUE