บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ เป็นผลจากการศึกษาเปรียบเทียบค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงความสูญเสีย โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการ 3 วิธี คือ วิธีการประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุด วิธีการประมาณแบบไค-สแควร์ต่ำสุด และวิธีการประมาณแบบระยะต่ำสุดของคราเมอร์-วอน ไมส์ ซึ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว นำมาใช้วิเคราะห์กับข้อมูลแบบกลุ่มและถูกตัดปลายทางซ้าย ประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแต่ละวิธีการนั้น กระทำโดยการศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ เมื่อคำนึงถึงการแจกแจงของข้อมูลความสูญเสีย รูปร่างของข้อมูล จุดตัดปลายทางซ้าย และขนาดตัวอย่าง เพื่อหาข้อสรุปว่าวิธีใดให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่ำสุดในแต่ละสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในการทดลอง โดยจะนำเสนอผลการวิจัยในรูปตารางและกราฟ และเพื่อความสะดวกในการอธิบายจึงขอใช้สัญลักษณ์เพื่อแทนความหมายต่างๆดังต่อไปนี้

MLE หมายถึง วิธีการประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุด
MCE หมายถึง วิธีการประมาณแบบไค-สแควร์ต่ำสุด
MDE หมายถึง วิธีการประมาณแบบระยะต่ำสุดของคราเมอร์-วอน ไมส์

d หมายถึง จุดตัดปลายทางซ้ายของข้อมูลหรือค่ารับผิดส่วนแรก
n หมายถึง ขนาดตัวอย่าง
RMSE หมายถึง ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่าพารามิเตอร์
CV หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงความสูญเสีย เมื่อข้อมูลเป็นแบบกลุ่มและถูกตัดปลายทางซ้าย เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบคือค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าประมาณพารามิเตอร์กับค่าจริงในรูปของค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ย

ของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) วิธีการใดให้ค่า RMSE ต่ำกว่า จะเป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ดีกว่า

1. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล

จะศึกษาโดยใช้ระดับต่างๆของค่าพารามิเตอร์ ดังนี้คือ $\mu=1,2, \sigma=0.5$ (CV=53%) , $\mu=1, \sigma=1$ (CV=131%) และ $\mu=1, \sigma=2$ (CV=732%) สำหรับผลการวิจัยจะนำเสนอในตารางที่ 4.1 - 4.4 และแสดงกราฟในรูปที่ 4.1 - 4.4

จากตารางที่ 4.1 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=100 ระดับ d=0.5 , 1.0 และ 2.0 วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ $\mu=1, \sigma=0.5,1$ และ $\mu=2, \sigma=0.5$ แต่เมื่อ $\mu=1, \sigma=2$ วิธี MDE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เนื่องจากที่ $\mu=1, \sigma=2$ กราฟมีรูปร่างคล้ายการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล ข้อมูลมีลักษณะเบ้มาก และตัวอย่างมีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่รุนแรง ทำให้วิธี MDE ซึ่งเป็นวิธีที่แกร่งจึงเป็นวิธีที่ให้ค่า RMSE ต่ำสุดในสถานการณ์นี้

กรณีที่ n=100 ระดับ d=3.0 วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ $\mu=1,2, \sigma=0.5$ แต่เมื่อ $\mu=1, \sigma=1,2$ วิธี MDE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด

สำหรับกรณีที่ n=100 μ คงที่ σ เพิ่มขึ้น (CV เพิ่มขึ้น) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นวิธี MCE กรณีที่ $\mu=1, \sigma=2$ ค่า RMSE มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากวิธี MCE ไม่แกร่ง เมื่อข้อมูลมีลักษณะเบ้มาก กราฟมีรูปร่างคล้ายการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล ซึ่งจะมีผลกระทบต่อความกว้างของกลุ่ม ทำให้ค่า RMSE ลดลงเมื่อ d เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=200 ระดับ d=0.5 วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ $\mu=1, \sigma=0.5,1,2$ และ $\mu=2, \sigma=0.5$

กรณีที่ n=200 ระดับ d=1.0,2.0 และ 3.0 วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ $\mu=1, \sigma=0.5,1$ และ $\mu=2, \sigma=0.5$ แต่ที่ $\mu=1, \sigma=2$ วิธี MDE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด

สำหรับกรณีที่ n=200 μ คงที่ σ เพิ่มขึ้น (CV เพิ่มขึ้น) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นวิธี MCE กรณีที่ μ=1,σ=2 ค่า RMSE มีแนวโน้มลดลง

จากตารางที่ 4.3 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=300 ระดับ d=0.5 และ 1.0 วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ μ=1, σ=0.5,1,2 และ μ=2,σ=0.5

กรณีที่ n=300 ระดับ d=2.0 และ 3.0 วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ μ=1, σ=0.5,1 และ μ=2,σ=0.5 แต่ที่ μ=1,σ=2 วิธี MDE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด

สำหรับกรณีที่ n=300 μ คงที่ σ เพิ่มขึ้น (CV เพิ่มขึ้น) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นวิธี MCE กรณีที่ μ=1,σ=2 ค่า RMSE มีแนวโน้มลดลง

จากตารางที่ 4.4 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=500 ระดับ d=0.5,1.0 และ 2.0 วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ μ=1,σ=0.5,1,2 และ μ=2,σ=0.5

กรณีที่ n=500 ระดับ d=3.0 วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ μ=1,σ=0.5,1 และ μ=2,σ=0.5 แต่ที่ μ=1,σ=2 วิธี MDE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด

สำหรับกรณีที่ n=500 μ คงที่ σ เพิ่มขึ้น (CV เพิ่มขึ้น) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นวิธี MCE กรณีที่ μ=1,σ=2 ค่า RMSE มีแนวโน้มลดลง

จากกราฟรูปที่ 4.1 - 4.4 กรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มลดลง เมื่อ d คงที่ μ คงที่ และ σ คงที่

ตารางที่ 4.1 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์และค่ารับผิดส่วนแรก

μ	σ	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
2	0.5	53%	0.5	0.04827	0.05550	0.23948
			1.0	0.04775	0.05320	0.18897
			2.0	0.04899	0.05523	0.09980
			3.0	0.05762	0.06907	0.11059
1	0.5	53%	0.5	0.04983	0.05972	0.11616
			1.0	0.05597	0.06435	0.14227
			2.0	0.10513	0.24909	0.18526
			3.0	0.17553	0.33563	0.23947
	1	131%	0.5	0.17444	0.49417	0.24523
			1.0	0.20278	0.54860	0.28957
			2.0	0.28538	0.63147	0.32294
			3.0	0.40075	0.67426	0.36417
	2	732%	0.5	0.70168	1.51553	0.57221
			1.0	0.83640	1.55507	0.65583
			2.0	1.01089	1.48491	0.79903
			3.0	1.15162	1.47726	0.91642

ตารางที่ 4.2 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

μ	σ	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
2	0.5	53%	0.5	0.03178	0.03421	0.03521
			1.0	0.03271	0.03421	0.03550
			2.0	0.03317	0.03507	0.03435
			3.0	0.04123	0.04450	0.04483
1	0.5	53%	0.5	0.03176	0.03496	0.03745
			1.0	0.03667	0.04055	0.03924
			2.0	0.07174	0.10643	0.09214
			3.0	0.10634	0.27186	0.11529
	1	131%	0.5	0.12466	0.19967	0.15668
			1.0	0.15566	0.23524	0.20110
			2.0	0.21159	0.46067	0.27673
			3.0	0.29271	0.58531	0.29903
	2	732%	0.5	0.52505	1.43774	0.54553
			1.0	0.66250	1.48516	0.56148
			2.0	0.82155	1.23531	0.65504
			3.0	0.93591	1.17544	0.74904

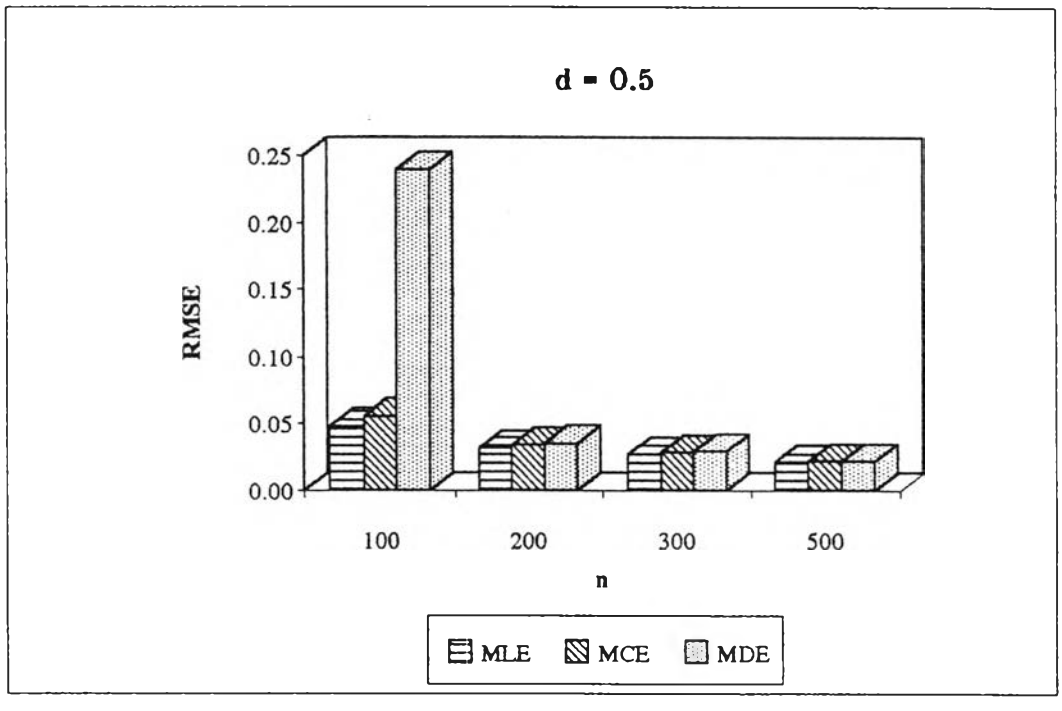
ตารางที่ 4.3 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

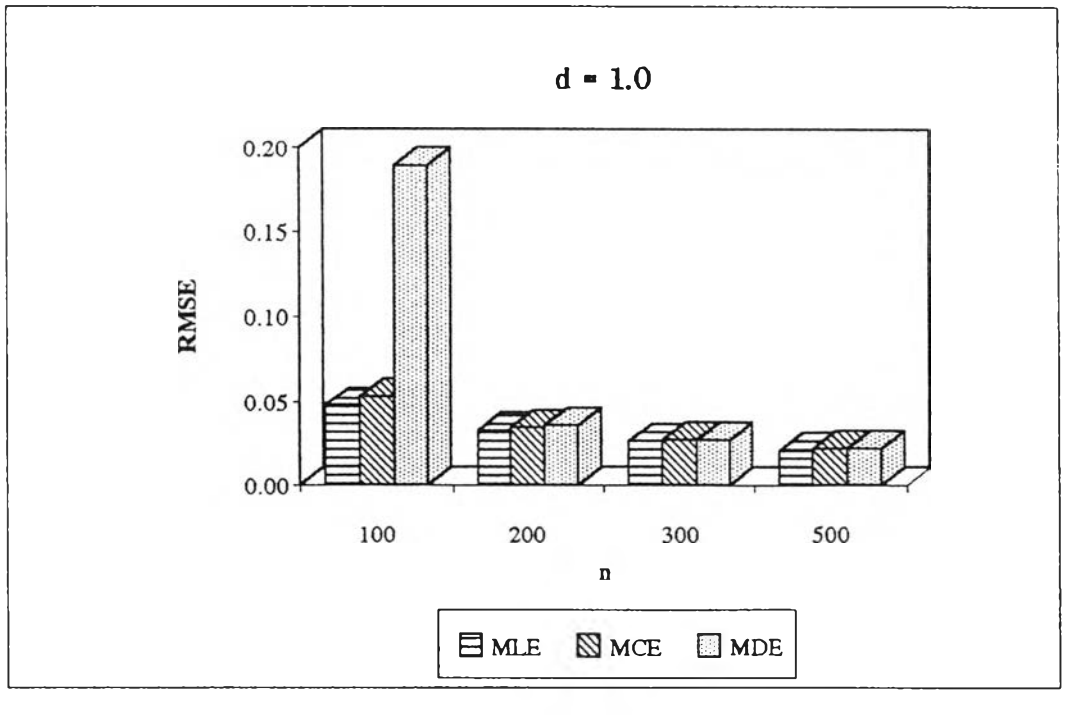
μ	σ	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
2	0.5	53%	0.5	0.02646	0.02828	0.02933
			1.0	0.02588	0.02702	0.02683
			2.0	0.02739	0.02898	0.03033
			3.0	0.03225	0.03450	0.03376
1	0.5	53%	0.5	0.02681	0.02818	0.02830
			1.0	0.02988	0.03212	0.03142
			2.0	0.06807	0.09590	0.08847
			3.0	0.09193	0.21749	0.10518
	1	131%	0.5	0.10119	0.12157	0.11419
			1.0	0.13517	0.17624	0.16392
			2.0	0.18807	0.28548	0.23527
			3.0	0.26719	0.47360	0.27170
	2	732%	0.5	0.42934	1.43781	0.50285
			1.0	0.53009	1.35594	0.53176
			2.0	0.66482	1.02621	0.61094
			3.0	0.77765	0.94058	0.64334

ตารางที่ 4.4 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

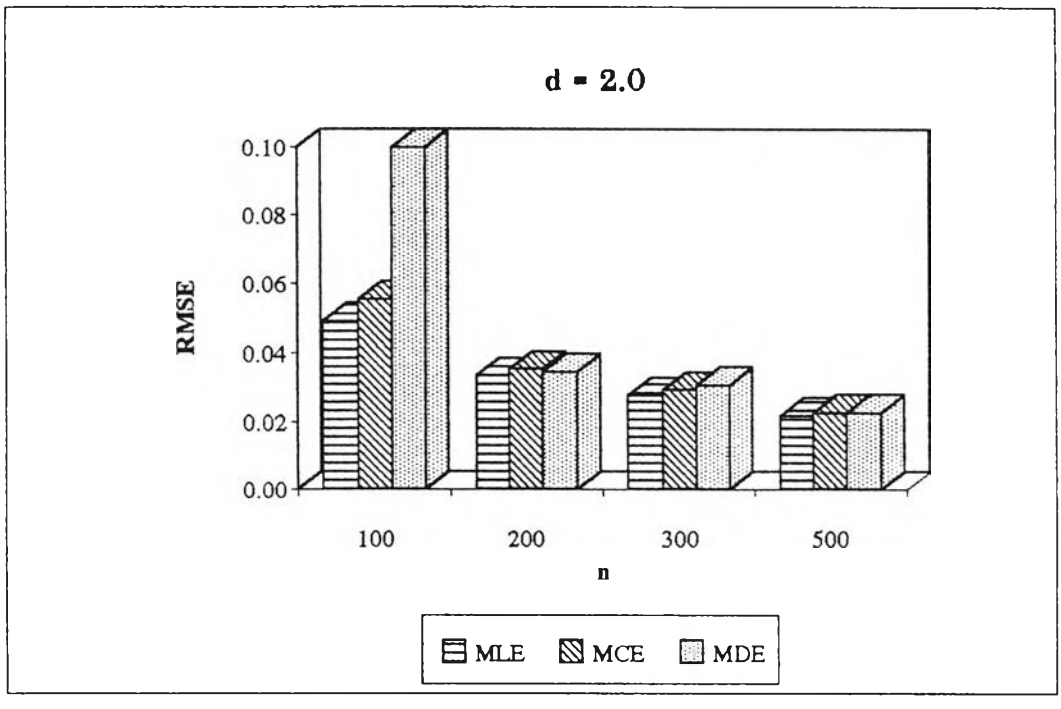
μ	σ	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
2	0.5	53%	0.5	0.02074	0.02168	0.02191
			1.0	0.02074	0.02168	0.02191
			2.0	0.02145	0.02236	0.02258
			3.0	0.02449	0.02608	0.02588
1	0.5	53%	0.5	0.02098	0.02154	0.02179
			1.0	0.02350	0.02498	0.02471
			2.0	0.05521	0.07751	0.07027
			3.0	0.07858	0.19253	0.08154
	1	131%	0.5	0.06971	0.07752	0.07470
			1.0	0.09839	0.11446	0.10826
			2.0	0.14809	0.19008	0.17618
			3.0	0.19463	0.26882	0.23431
	2	732%	0.5	0.34139	1.16223	0.47713
			1.0	0.43420	0.89532	0.51433
			2.0	0.52688	0.83846	0.53242
			3.0	0.63511	0.86169	0.58418

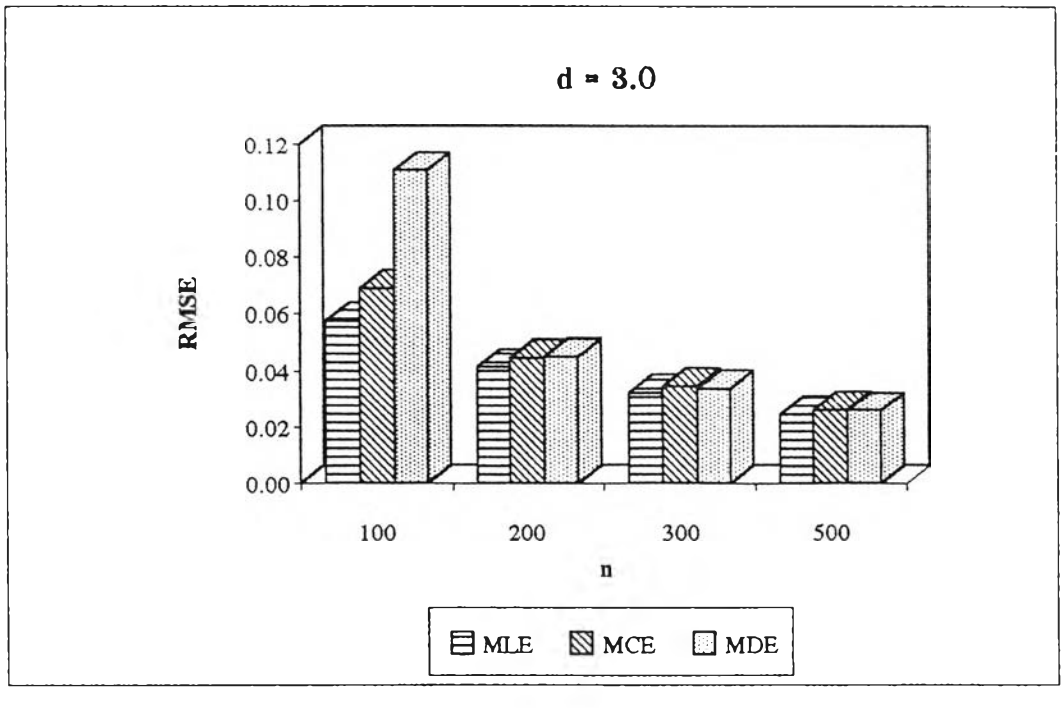
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เมื่อ μ=2,σ=0.5 (CV=53%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก



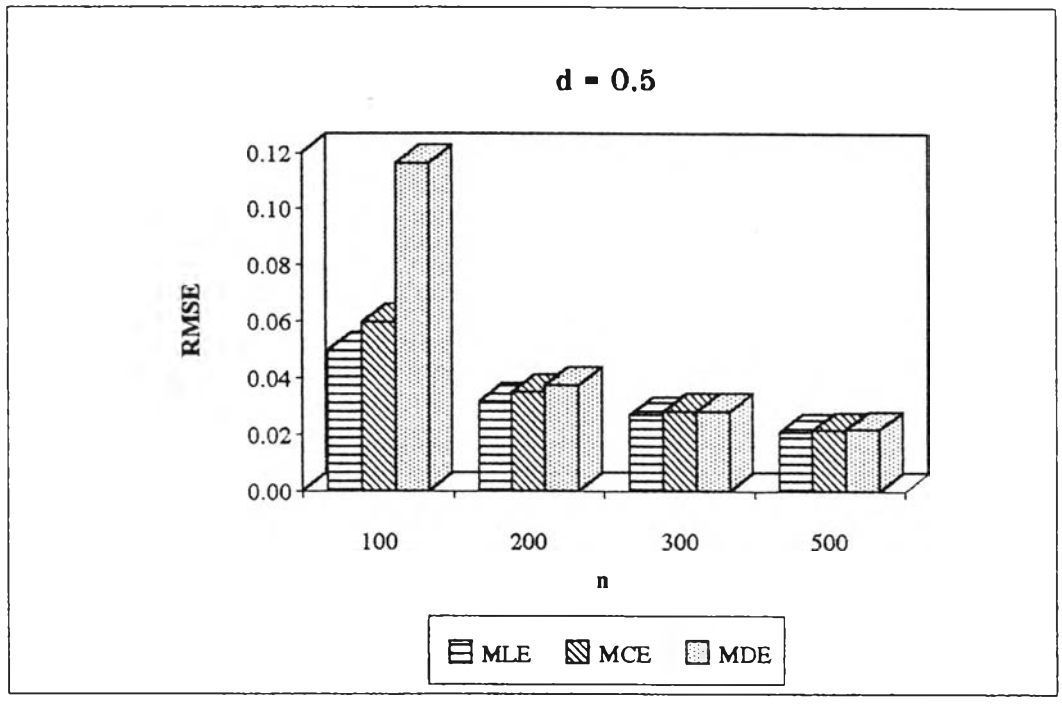


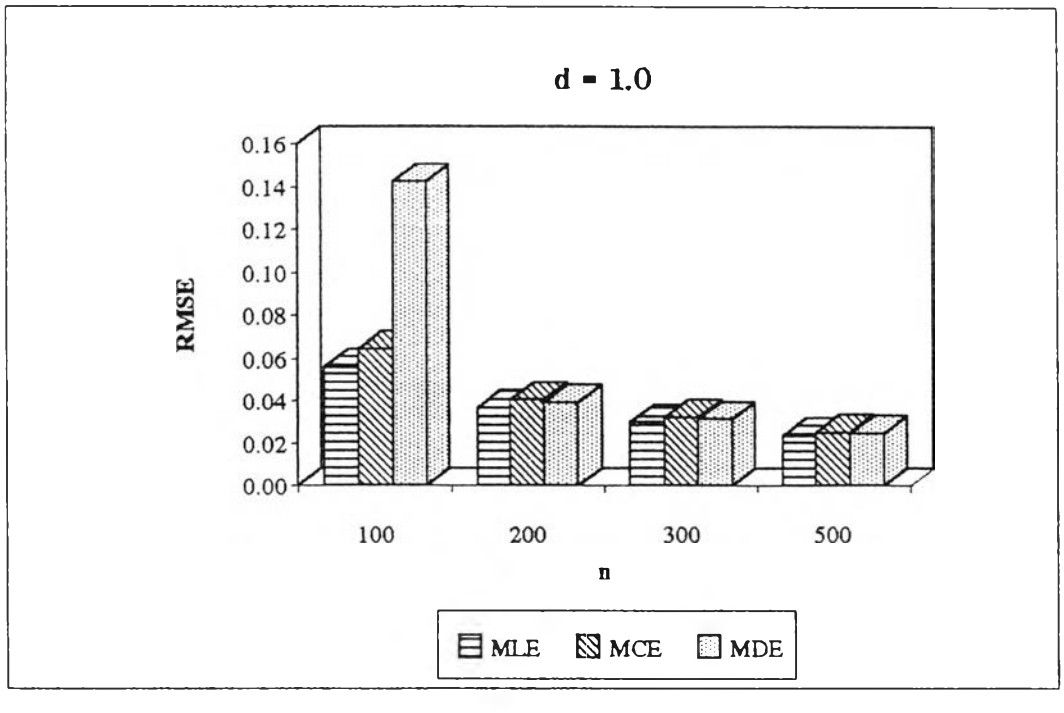
รูปที่ 4.1 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

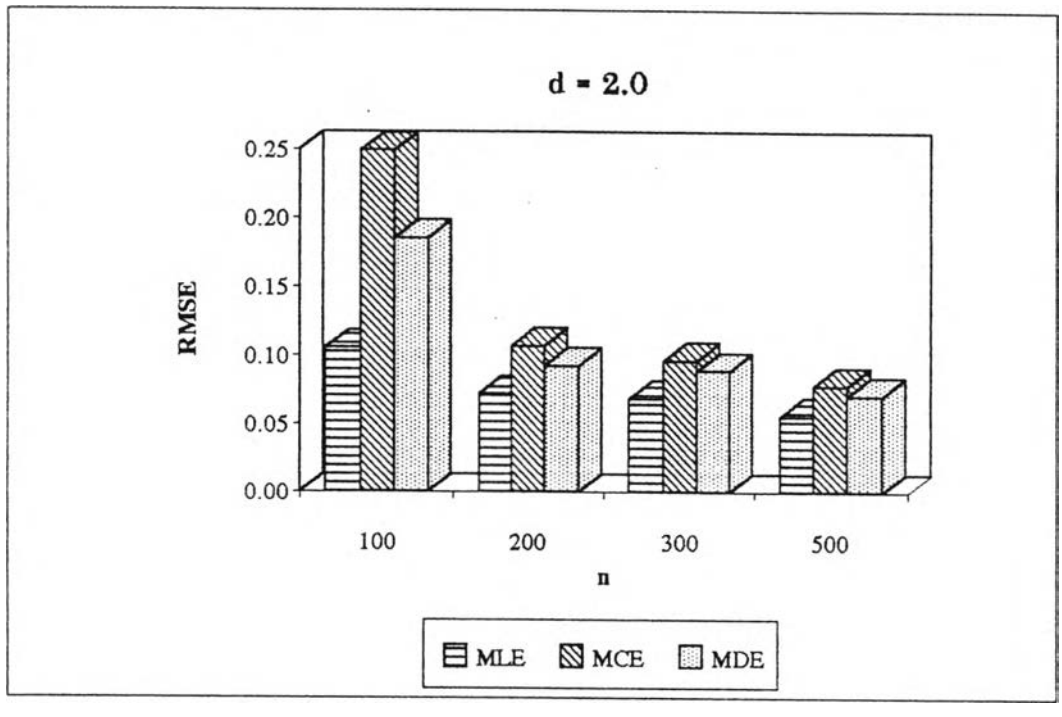

d = 3.0
RMSE
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

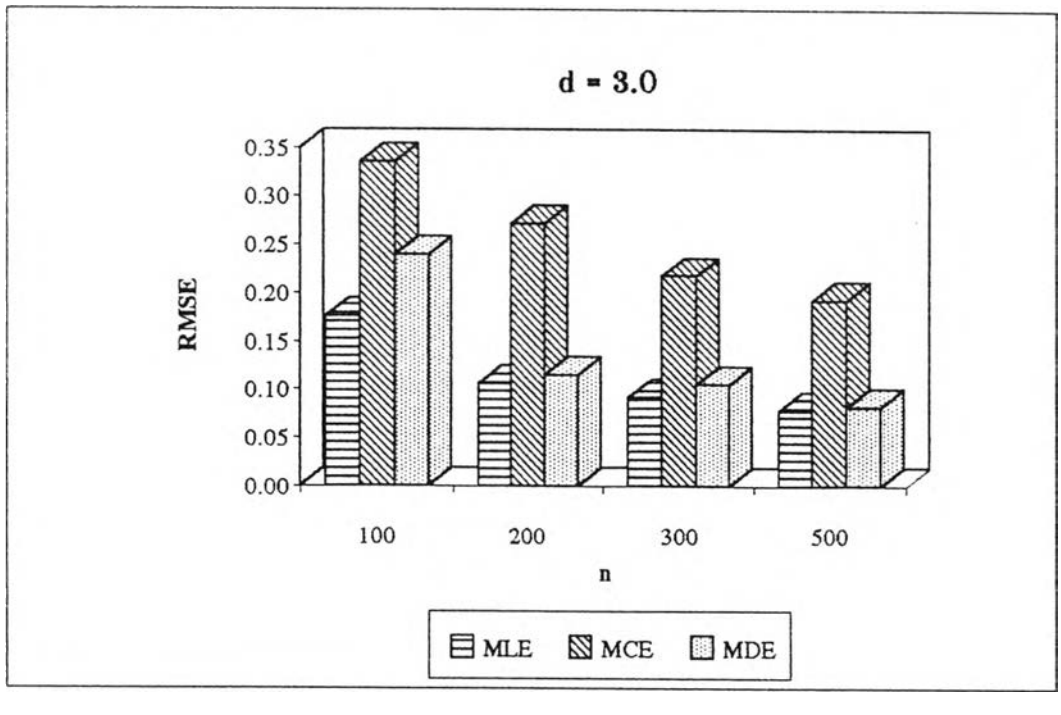
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เมื่อ μ=1,σ=0.5 (CV=53%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก



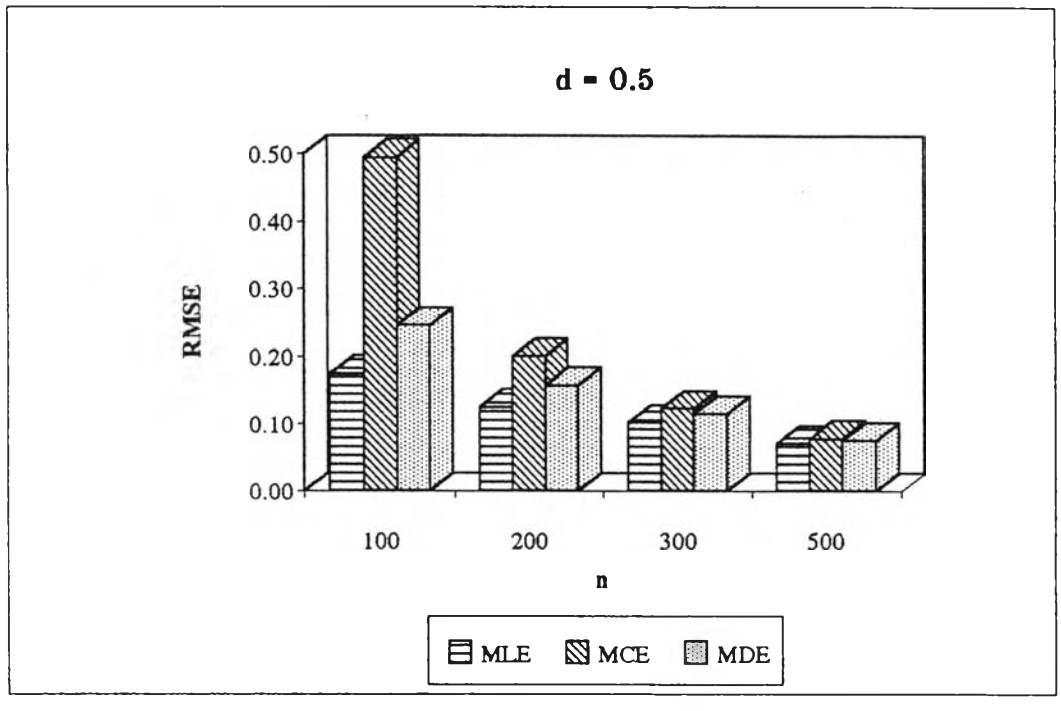


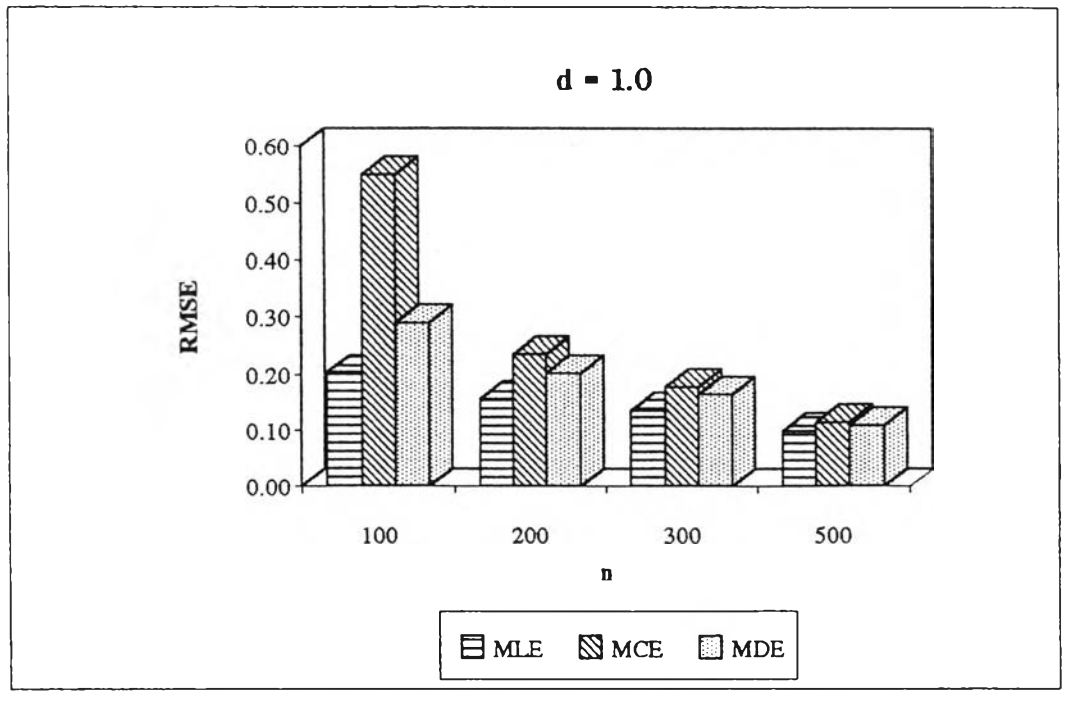
รูปที่ 4.2 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

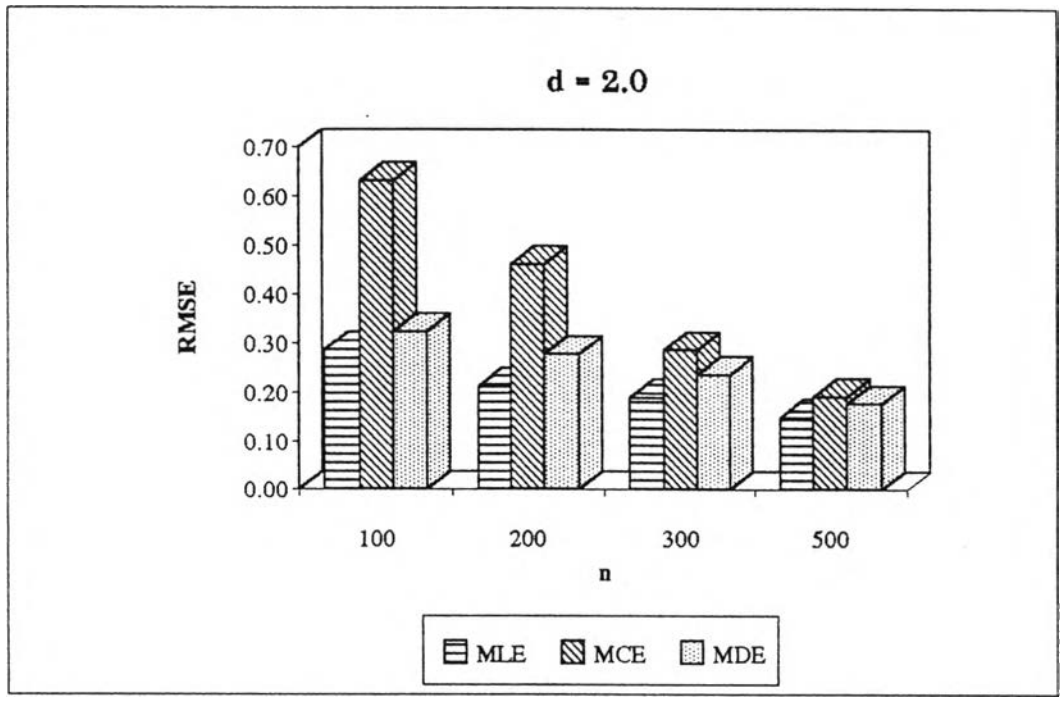

d = 3.0
RMSE
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

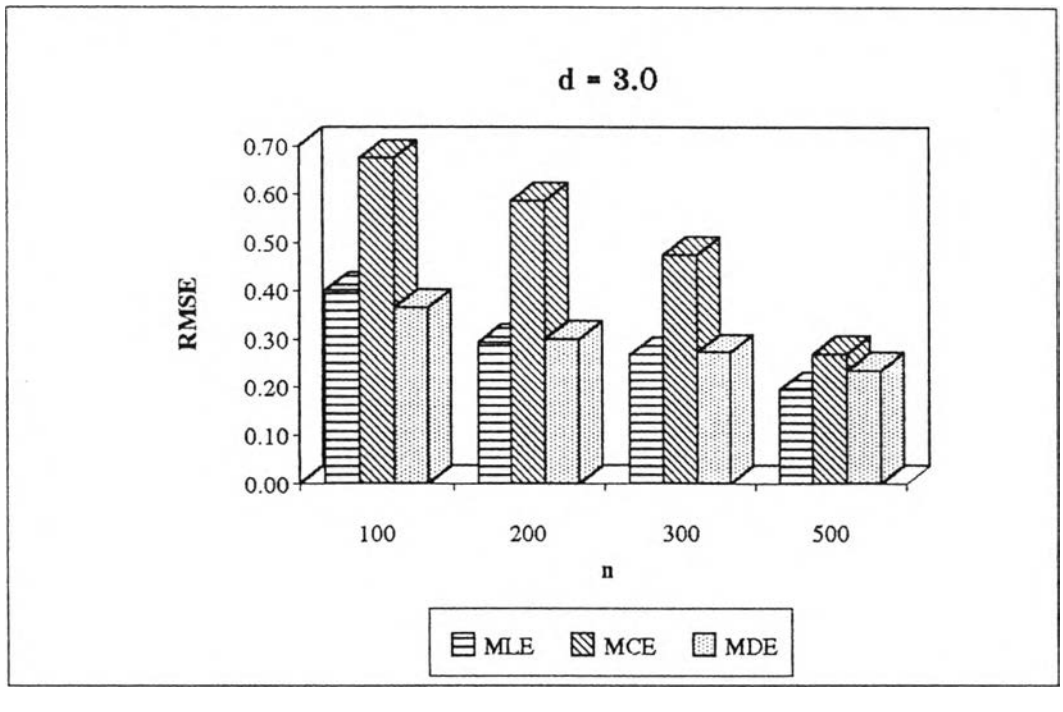
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เมื่อ $\mu=1,\sigma=1$ (CV=131%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก



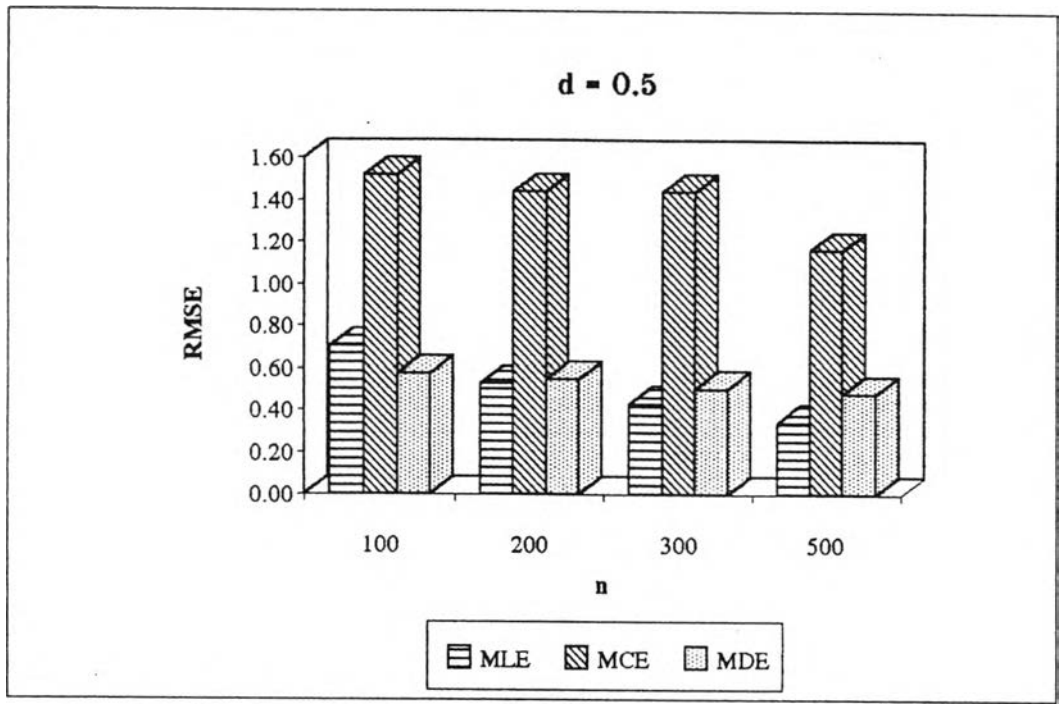


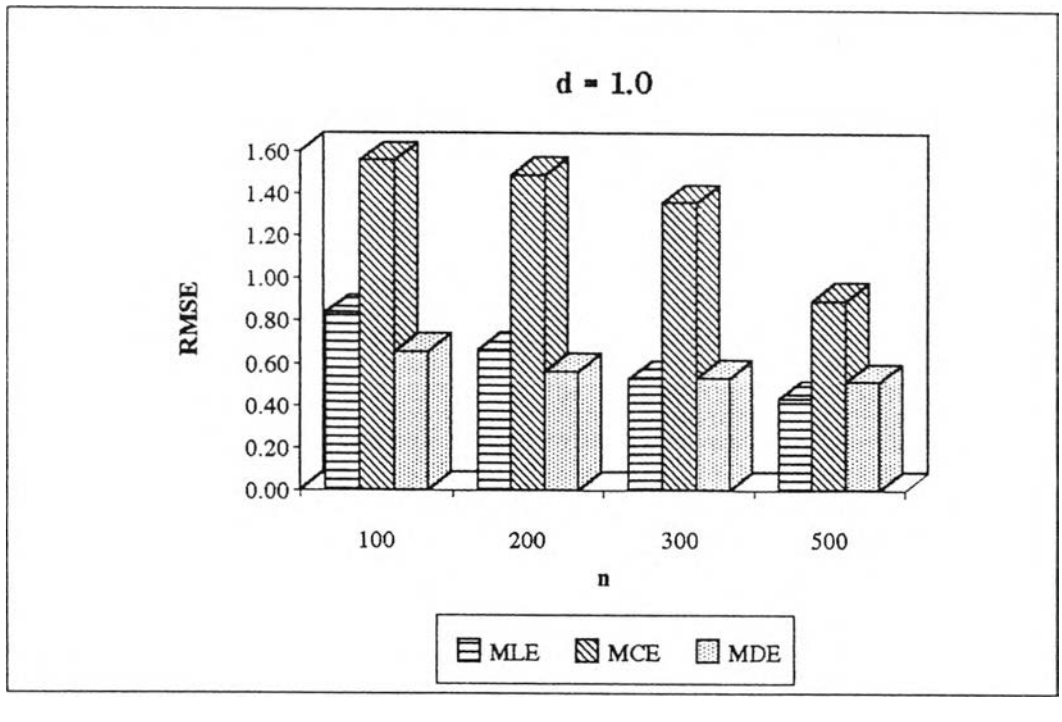
รูปที่ 4.3 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

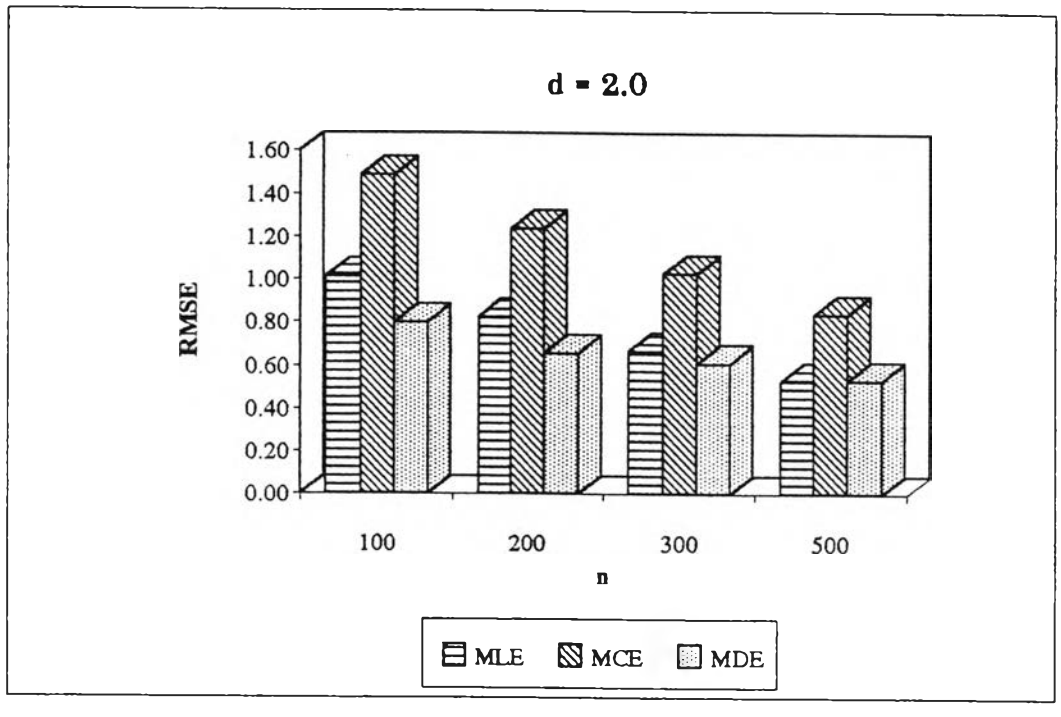

d = 3.0
RMSE
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

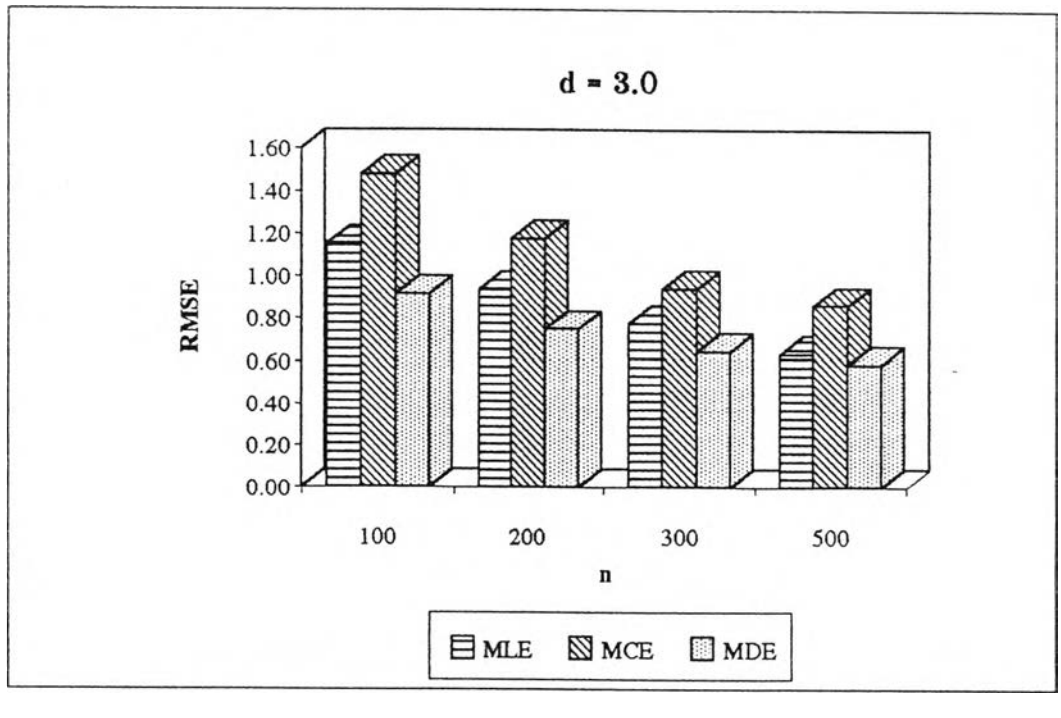
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เมื่อ $\mu=1,\sigma=2$ (CV=732%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก





รูปที่ 4.4 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE


d = 3.0
RMSE
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

2. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์

จะศึกษาโดยใช้ระดับต่างๆของค่าพารามิเตอร์ ดังนี้คือ $c=1, \tau=0.3$ (CV=540%) , $c=0.1, \tau=1$ (CV=100%) , $c=0.1, \tau=1.5$ (CV=67%) และ $c=0.1, \tau=2$ (CV=52%) สำหรับผลการวิจัยจะนำเสนอในตารางที่ 4.5 - 4.8 และแสดงกราฟในรูปที่ 4.5 - 4.8

จากตารางที่ 4.5 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=100 และทุกระดับของ d วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ $c=0.1, \tau=1,1.5$ และ 2 แต่เมื่อ $c=1, \tau=0.3$ วิธี MDE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เนื่องจากที่ $c=1, \tau=0.3$ กราฟมีรูปร่างคล้ายการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล ข้อมูลมีลักษณะเบ้มาก และตัวอย่างมีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่รุนแรง ทำให้วิธี MDE ซึ่งเป็นวิธีที่แกร่งจึงเป็นวิธีที่ให้ค่า RMSE ต่ำสุดในสถานการณ์นี้

สำหรับกรณีที่ n=100 c คงที่ τ เพิ่มขึ้น (CV ลดลง) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.6 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=200 และทุกระดับของ d วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ $c=0.1, \tau=1,1.5$ และ 2 แต่เมื่อ $c=1, \tau=0.3$ วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุดแต่จะให้ค่า RMSE ที่ใกล้เคียงกันกับวิธี MDE

สำหรับกรณีที่ n=200 c คงที่ τ เพิ่มขึ้น (CV ลดลง) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.7 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=300 และทุกระดับของ d วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ $c=0.1, \tau=1,1.5,2$ และ $c=1, \tau=0.3$

สำหรับกรณีที่ n=300 c คงที่ τ เพิ่มขึ้น (CV ลดลง) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.5 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

c	τ	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
1	0.3	540%	0.5	0.60969	0.81699	0.54746
			1.0	0.61298	0.88592	0.55307
			2.0	0.64636	0.93715	0.58962
			3.0	0.65526	0.81339	0.59413
0.1	1	100%	0.5	0.10455	0.11207	0.10677
			1.0	0.11446	0.12008	0.11480
			2.0	0.12849	0.13882	0.13401
			3.0	0.14799	0.16031	0.15937
	1.5	67%	0.5	0.12526	0.12645	0.13031
			1.0	0.15473	0.15495	0.16808
			2.0	0.19501	0.20477	0.21076
			3.0	0.27068	0.30208	0.29326
	2	52%	0.5	0.15865	0.15997	0.22379
			1.0	0.19588	0.21333	0.22731
			2.0	0.30594	0.36472	0.32499
			3.0	0.46760	0.60481	0.49700

ตารางที่ 4.6 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

c	τ	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
1	0.3	540%	0.5	0.38655	0.78363	0.38102
			1.0	0.39328	0.83510	0.40248
			2.0	0.39496	0.91718	0.40908
			3.0	0.39724	0.75649	0.40105
0.1	1	100%	0.5	0.06450	0.06782	0.06812
			1.0	0.07141	0.08485	0.07416
			2.0	0.07981	0.09654	0.08983
			3.0	0.08944	0.12288	0.10440
	1.5	67%	0.5	0.08385	0.08532	0.09985
			1.0	0.09950	0.10223	0.11353
			2.0	0.13126	0.16125	0.16721
			3.0	0.17216	0.28224	0.19037
	2	52%	0.5	0.10325	0.10464	0.22309
			1.0	0.12450	0.12486	0.22036
			2.0	0.19662	0.30090	0.23833
			3.0	0.28936	0.57433	0.34227

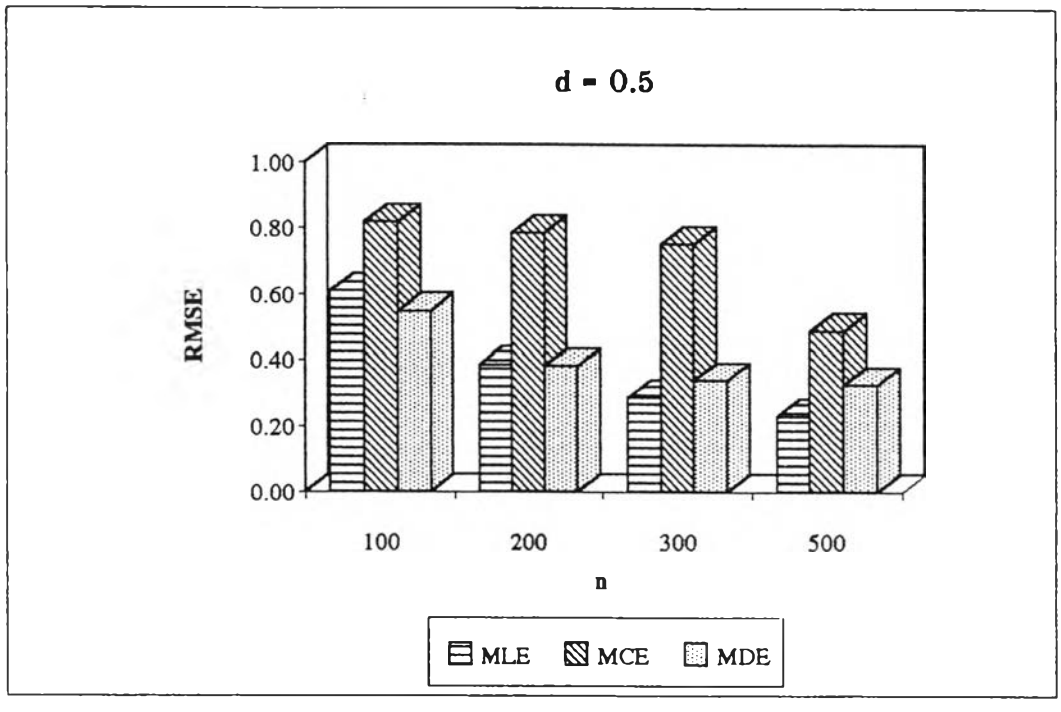
ตารางที่ 4.7 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

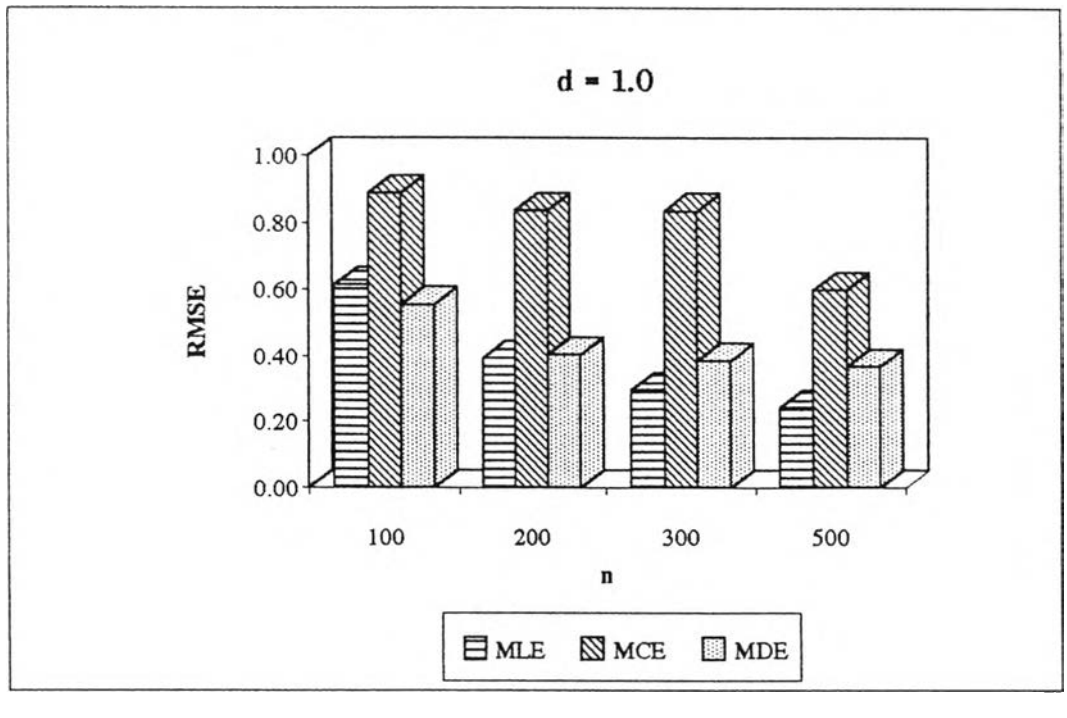
c	τ	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
1	0.3	540%	0.5	0.28492	0.75055	0.33798
			1.0	0.29565	0.83352	0.38459
			2.0	0.30501	0.88124	0.39900
			3.0	0.30622	0.73102	0.39917
0.1	1	100%	0.5	0.04733	0.05040	0.05070
			1.0	0.05568	0.07141	0.05916
			2.0	0.06285	0.08544	0.07362
			3.0	0.07071	0.11000	0.09434
	1.5	67%	0.5	0.06588	0.06588	0.09586
			1.0	0.07675	0.07791	0.09920
			2.0	0.09894	0.14758	0.12934
			3.0	0.12771	0.27091	0.15401
	2	52%	0.5	0.08025	0.08093	0.21721
			1.0	0.10178	0.10592	0.21385
			2.0	0.14795	0.29052	0.23833
			3.0	0.20418	0.53443	0.27006

ตารางที่ 4.8 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

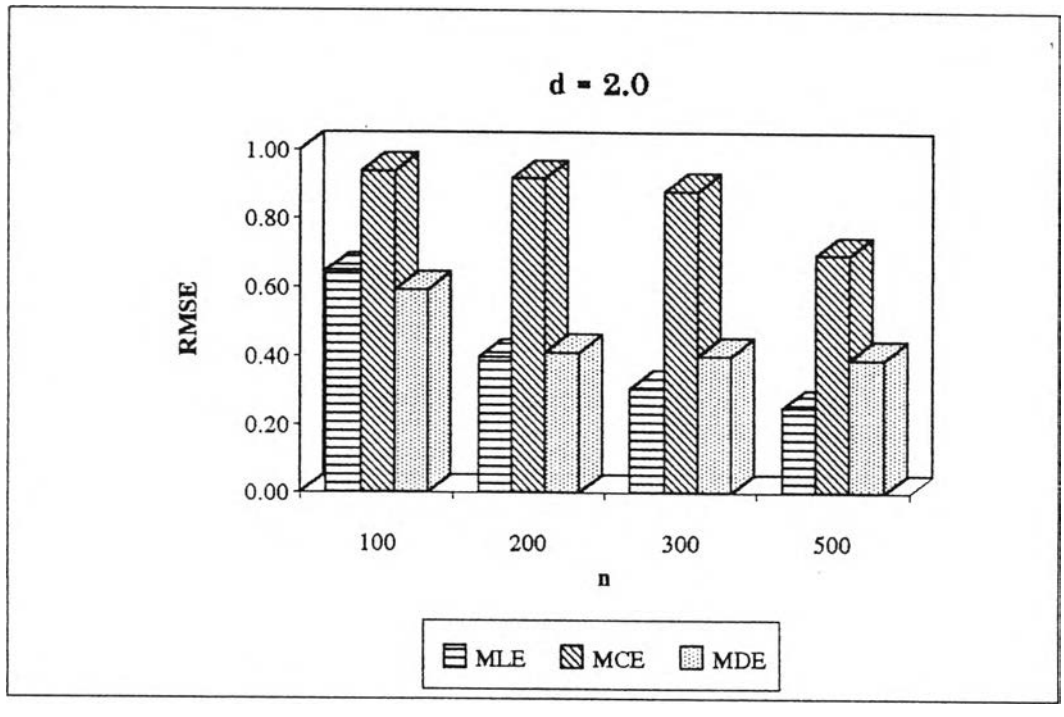
c	τ	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
1	0.3	540%	0.5	0.22884	0.48883	0.32461
			1.0	0.24278	0.59706	0.36672
			2.0	0.24874	0.69452	0.39119
			3.0	0.25193	0.63450	0.39848
0.1	1	100%	0.5	0.03591	0.03782	0.03886
			1.0	0.04025	0.06148	0.04266
			2.0	0.04637	0.08361	0.05908
			3.0	0.05099	0.09899	0.08124
	1.5	67%	0.5	0.04754	0.04889	0.09252
			1.0	0.05422	0.07409	0.09726
			2.0	0.07321	0.13535	0.10854
			3.0	0.10686	0.25765	0.11330
	2	52%	0.5	0.06253	0.06473	0.21585
			1.0	0.07537	0.07855	0.17530
			2.0	0.10402	0.27185	0.14032
			3.0	0.17364	0.51962	0.26550

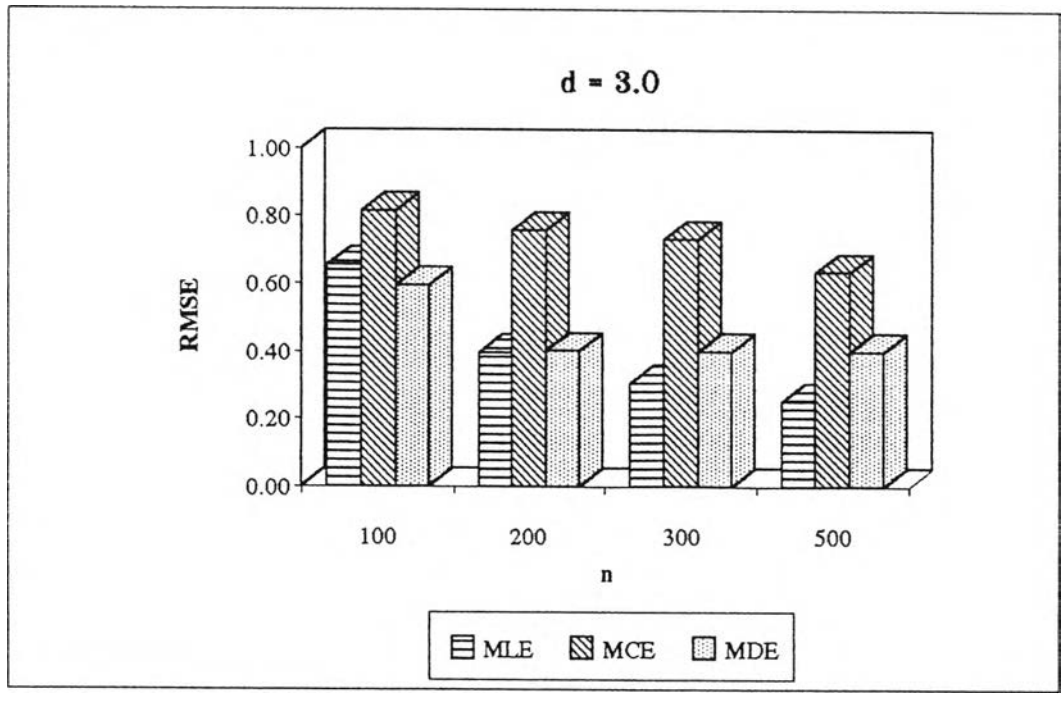
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อ $c=1, \tau=0.3$ (CV=540%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก



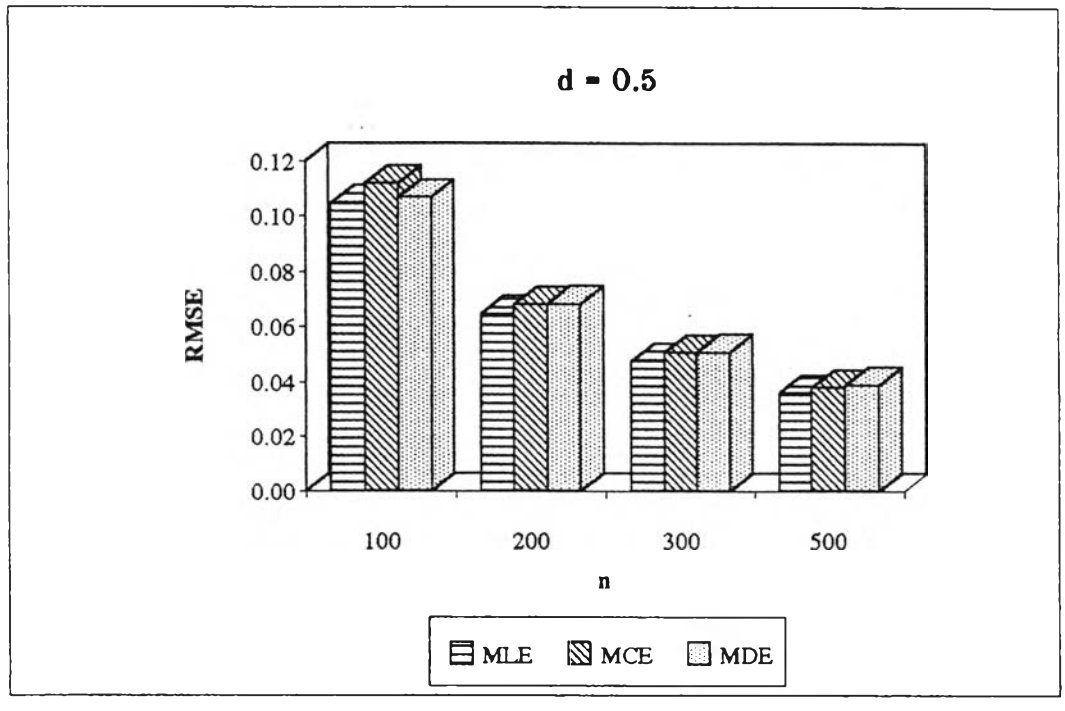


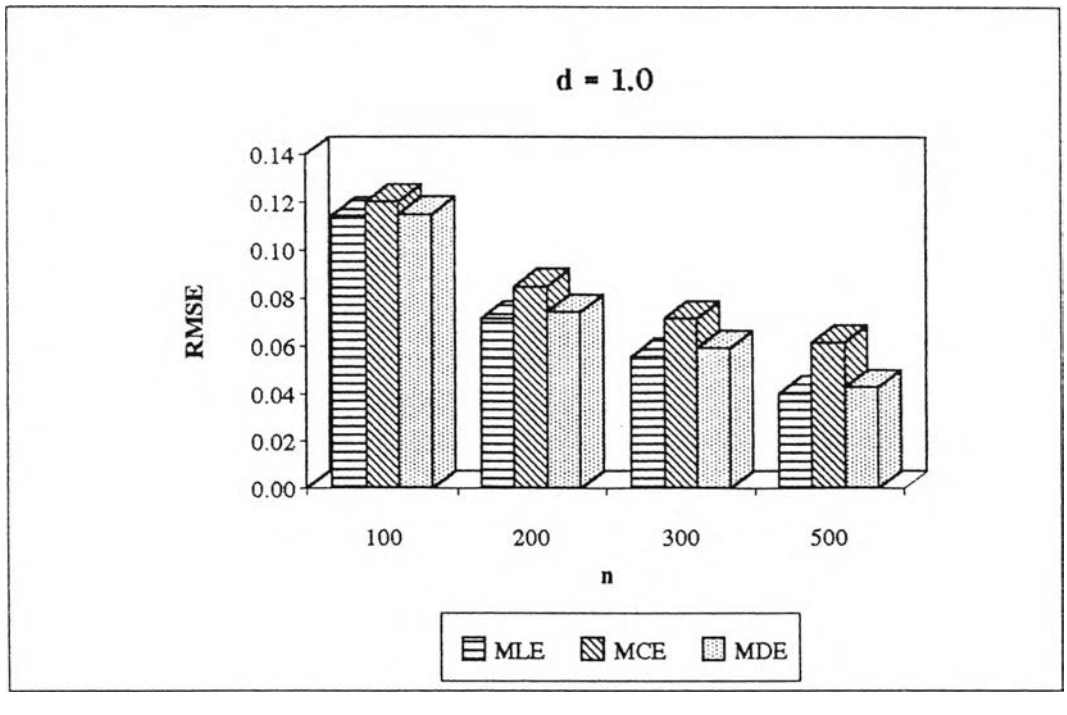
รูปที่ 4.5 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

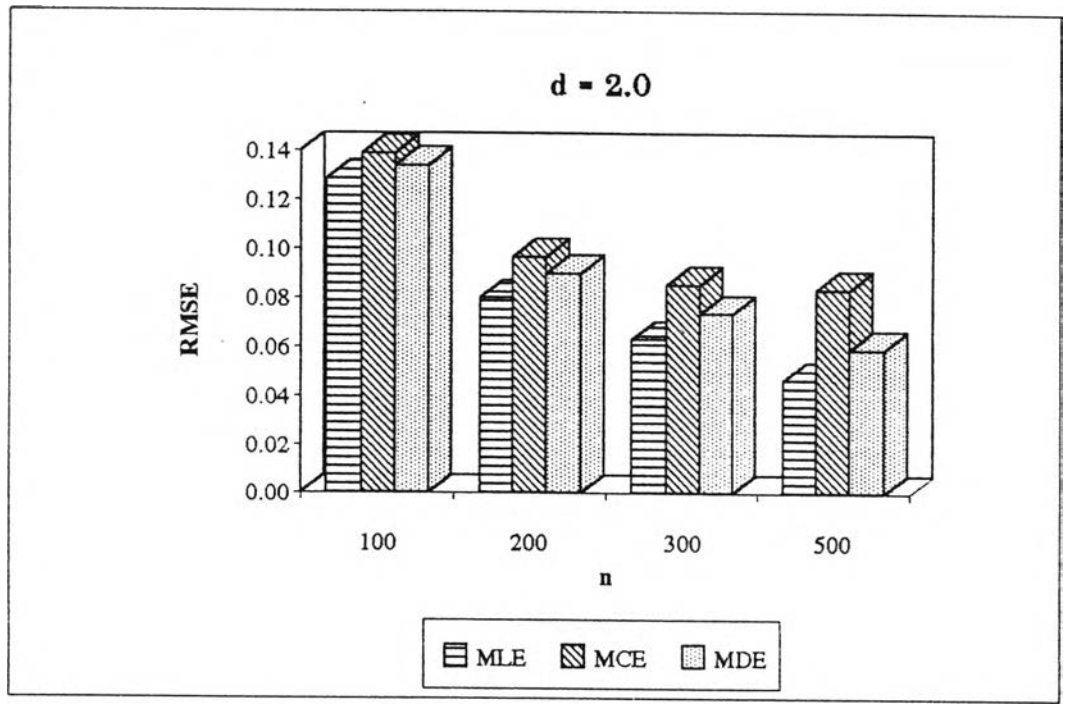

d = 3.0
RMSE
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

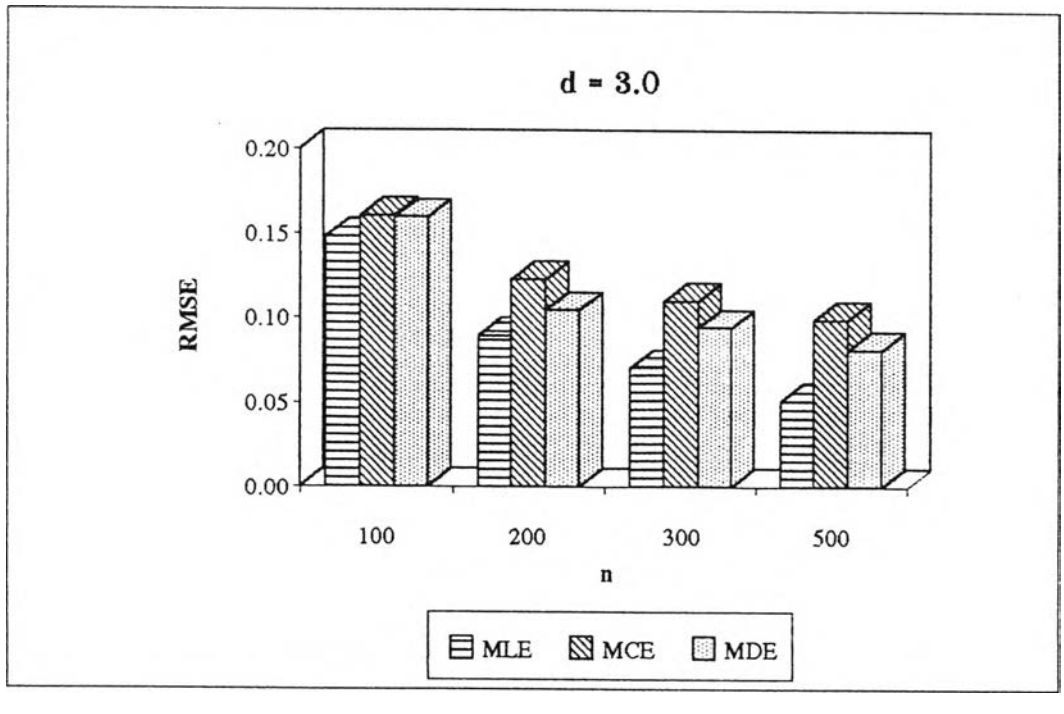
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อ c=0.1,τ=1 (CV=100%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก



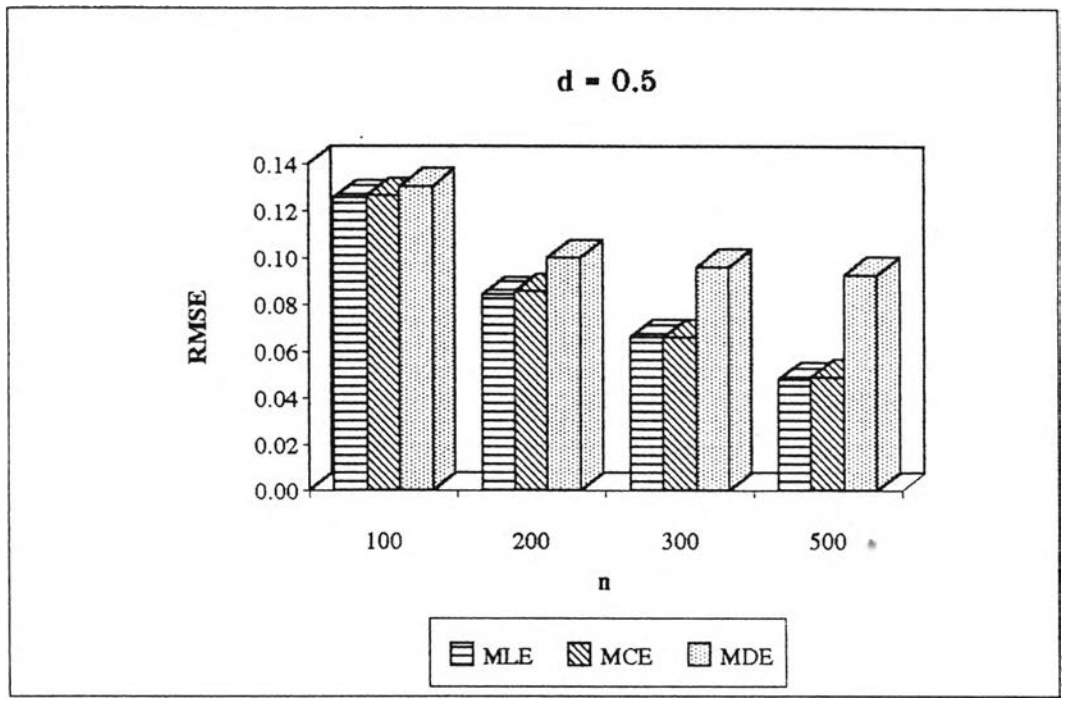


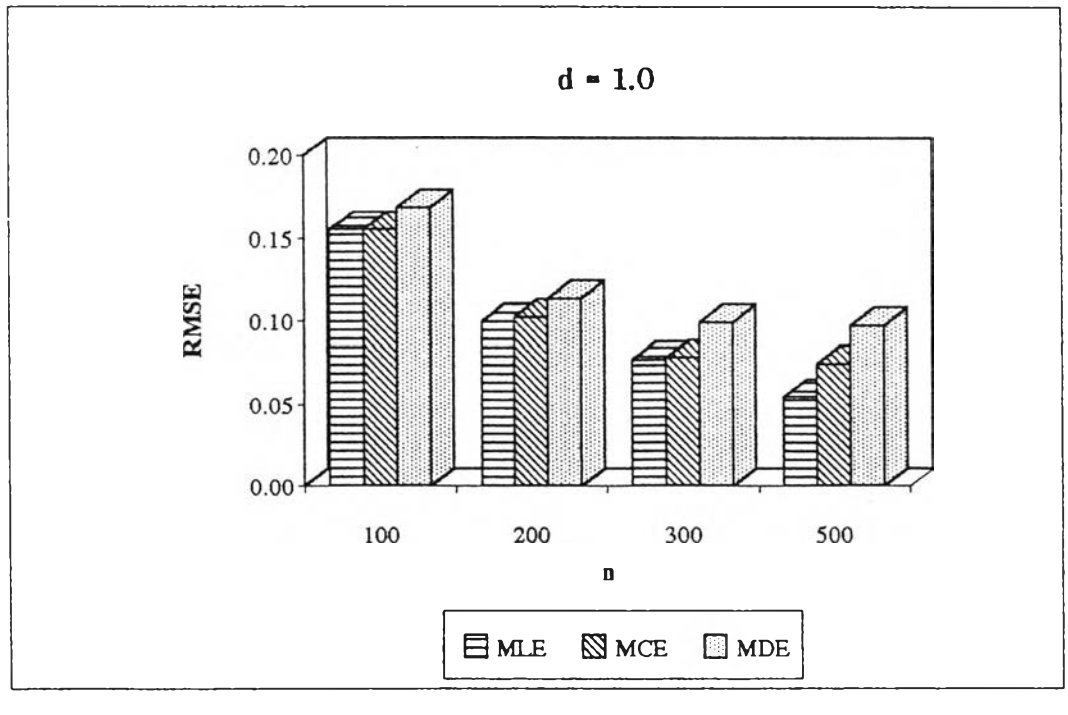
รูปที่ 4.6 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

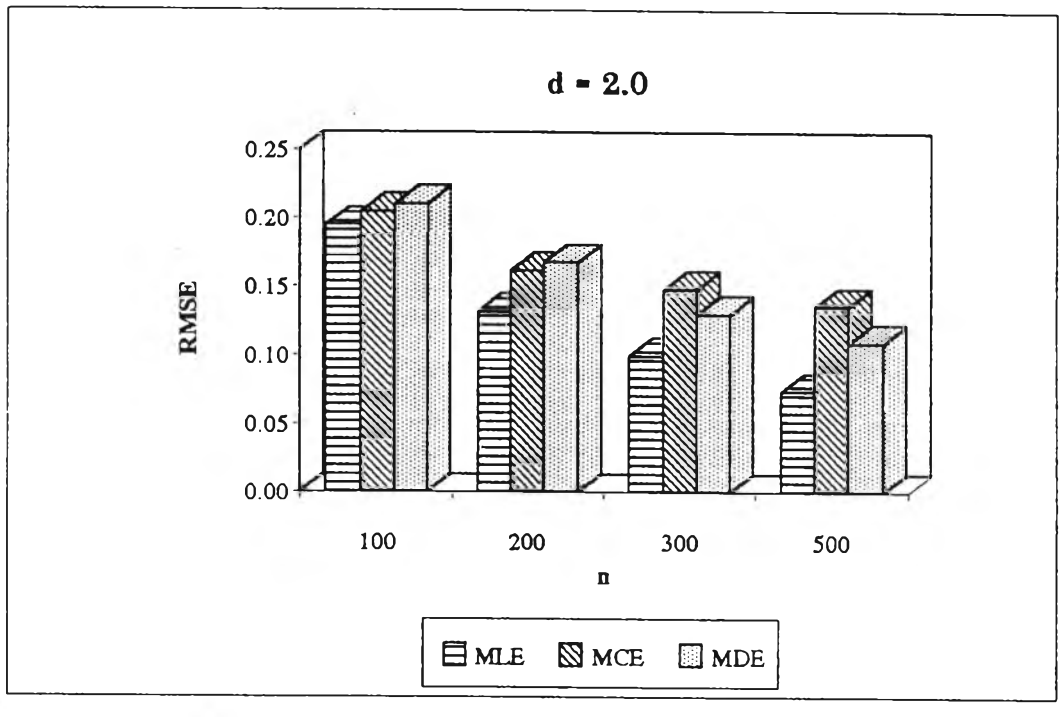

d = 3.0
RMSE
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

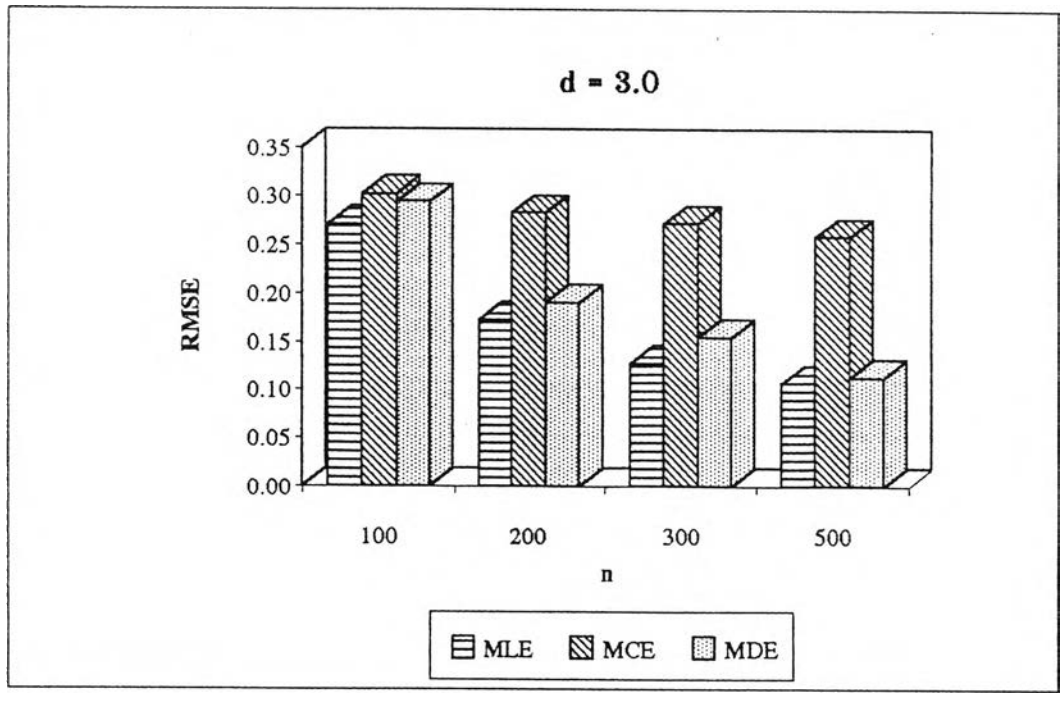
รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อ $c=0.1, \tau=1.5$ (CV=67%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก



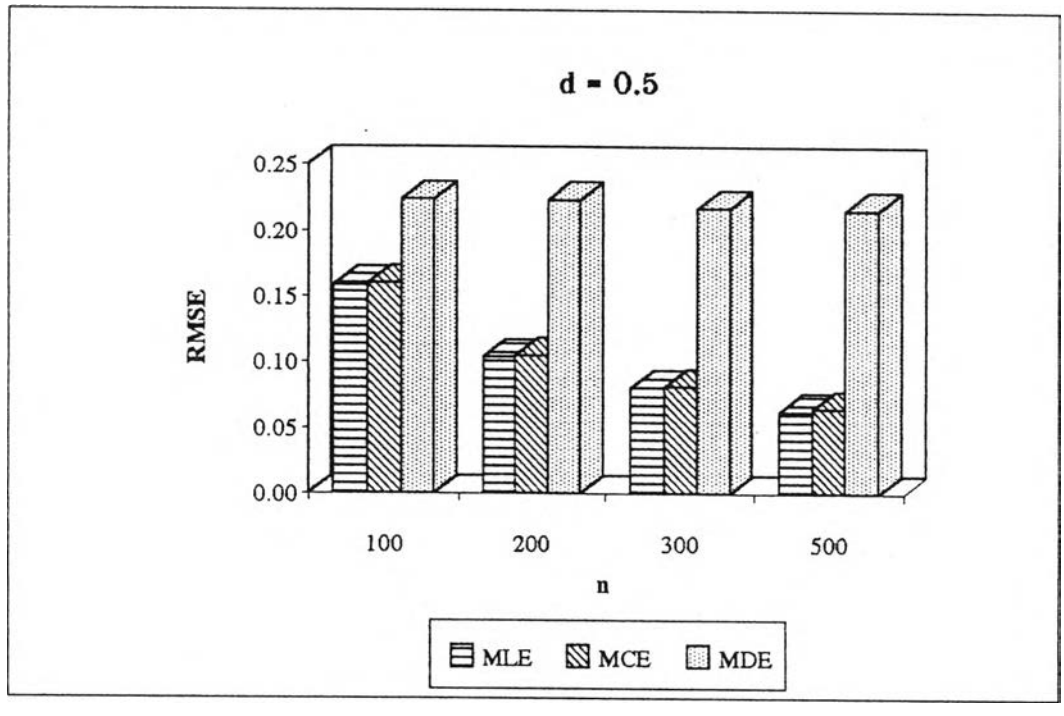


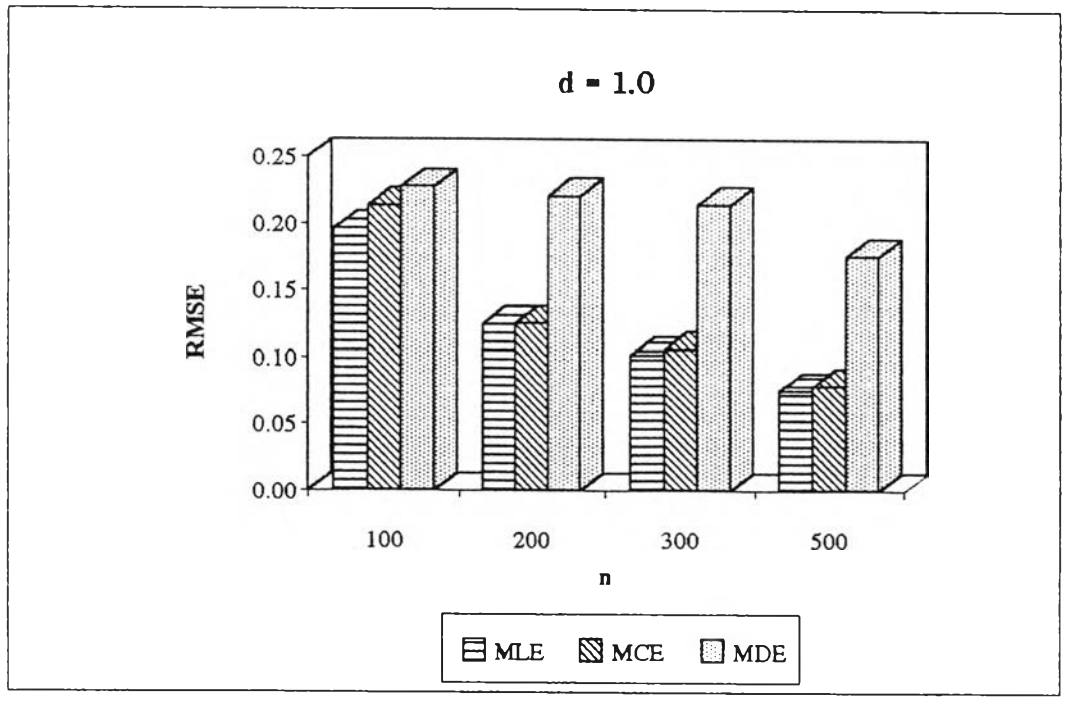
รูปที่ 4.7 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

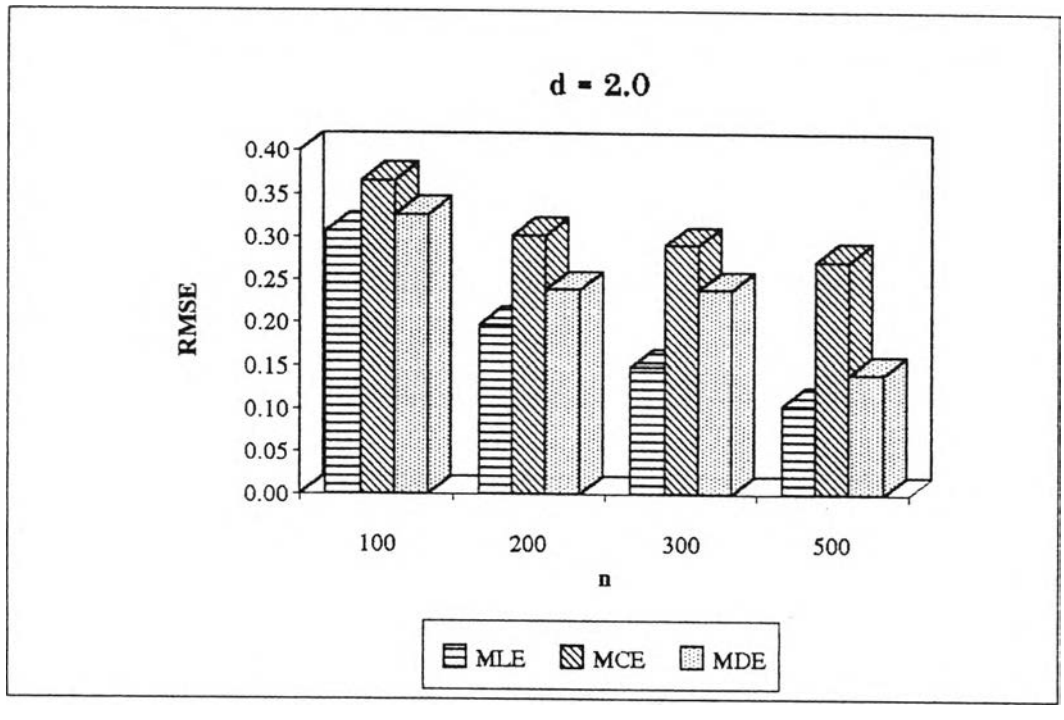

d = 3.0
RMSE
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

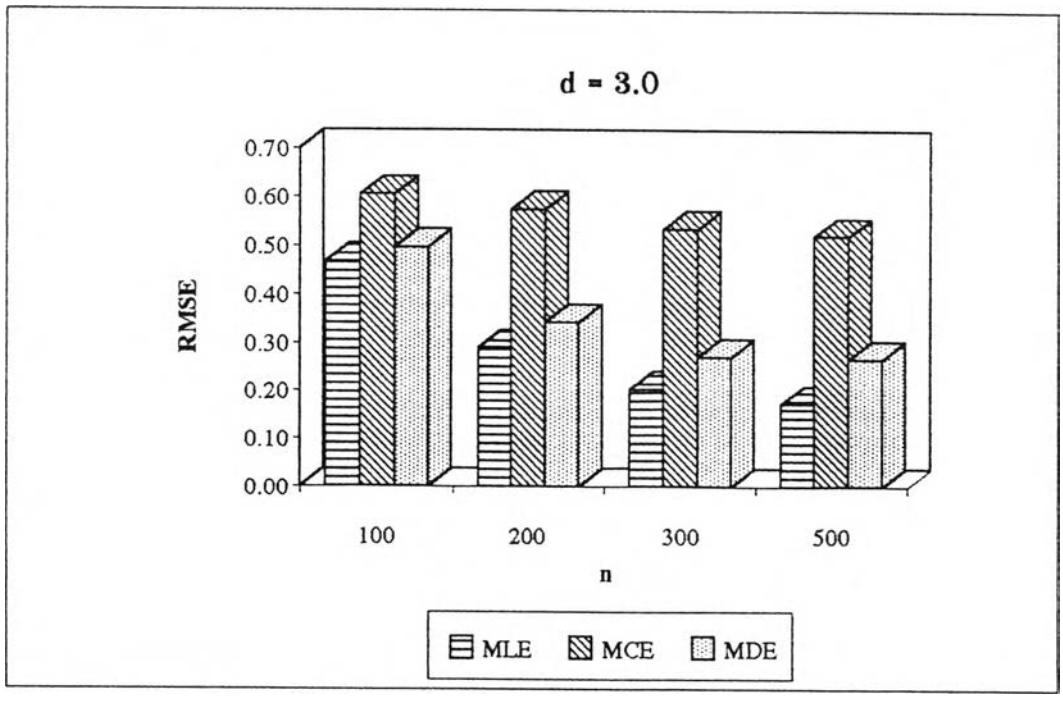
รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อ $c=0.1, \tau=2$ (CV=52%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก





รูปที่ 4.8 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE


d = 3.0
RMSE
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

จากตารางที่ 4.8 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=500 และทุกระดับของ d วิธี MLE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ c=0.1, τ=1,1.5,2 และ c=1, τ=0.3

สำหรับกรณีที่ n=500 c คงที่ τ เพิ่มขึ้น (CV ลดลง) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากกราฟรูปที่ 4.5 - 4.8 กรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มลดลง เมื่อ d คงที่ c คงที่ และ τ คงที่

3. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบพาร์โต

จะศึกษาโดยใช้ระดับต่างๆของค่าพารามิเตอร์ ดังนี้คือ λ=10,α=2.5 (CV=223%) , λ=10,α=4 (CV=141%) และ λ=10,α=7 (CV=118%) สำหรับผลการวิจัยจะนำเสนอในตารางที่ 4.9 - 4.12 และแสดงกราฟในรูปที่ 4.9 - 4.12

จากตารางที่ 4.9 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=100 ระดับ d=0.5 วิธี MCE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ λ=10,α=2.5,4 แต่ที่ α=7 วิธี MDE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด

กรณีที่ n=100 ระดับ d=1.0,2.0 และ 3.0 วิธี MCE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ λ=10,α=2.5,4 และ 7

สำหรับกรณีที่ n=100 λ คงที่ α เพิ่มขึ้น (CV ลดลง) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.10 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=200 และทุกระดับของ d วิธี MCE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ λ=10, α=2.5,4 และ 7

สำหรับกรณีที่ n=200 λ คงที่ α เพิ่มขึ้น (CV ลดลง) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.11 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=300 และทุกระดับของ d วิธี MCE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ λ=10, α=2.5,4 และ 7

สำหรับกรณีที่ n=300 λ คงที่ α เพิ่มขึ้น (CV ลดลง) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.12 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ n=500 และทุกระดับของ d วิธี MCE จะให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อ λ=10, α=2.5,4 และ 7

สำหรับกรณีที่ n=500 λ คงที่ α เพิ่มขึ้น (CV ลดลง) ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ d คงที่ ส่วนกรณีที่ d เพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากกราฟรูปที่ 4.9 - 4.12 กรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่า RMSE มีแนวโน้มลดลง เมื่อ d คงที่ λ คงที่ และ α คงที่

ตารางที่ 4.9 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบพาเรโต เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

λ	α	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
10	2.5	223%	0.5	4.35020	2.53545	3.09387
			1.0	5.14542	2.96503	3.68732
			2.0	5.62715	3.31166	3.82846
			3.0	5.77824	3.47052	4.20283
	4	141%	0.5	5.01085	3.46741	3.76432
			1.0	5.33980	3.49288	3.97866
			2.0	5.79544	3.80485	4.13207
			3.0	5.90708	3.82245	4.35977
	7	118%	0.5	6.07789	4.82337	4.79845
			1.0	6.07601	4.88376	4.95846
			2.0	6.01114	4.81793	5.23975
			3.0	7.36754	5.25519	6.05199

ตารางที่ 4.10 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบพาเรโต เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

λ	α	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
10	2.5	223%	0.5	3.79068	2.40600	2.82506
			1.0	4.04379	2.62474	3.00832
			2.0	4.49464	2.82304	3.17846
			3.0	4.82261	2.93976	3.46564
	4	141%	0.5	4.30249	3.11376	3.52249
			1.0	4.51737	3.26314	3.69460
			2.0	4.74664	3.33593	3.98872
			3.0	5.28583	3.50416	4.29628
	7	118%	0.5	5.58580	4.20377	4.69836
			1.0	5.86806	4.26209	4.86722
			2.0	5.84956	4.58589	5.19272
			3.0	6.81671	4.99140	5.72802

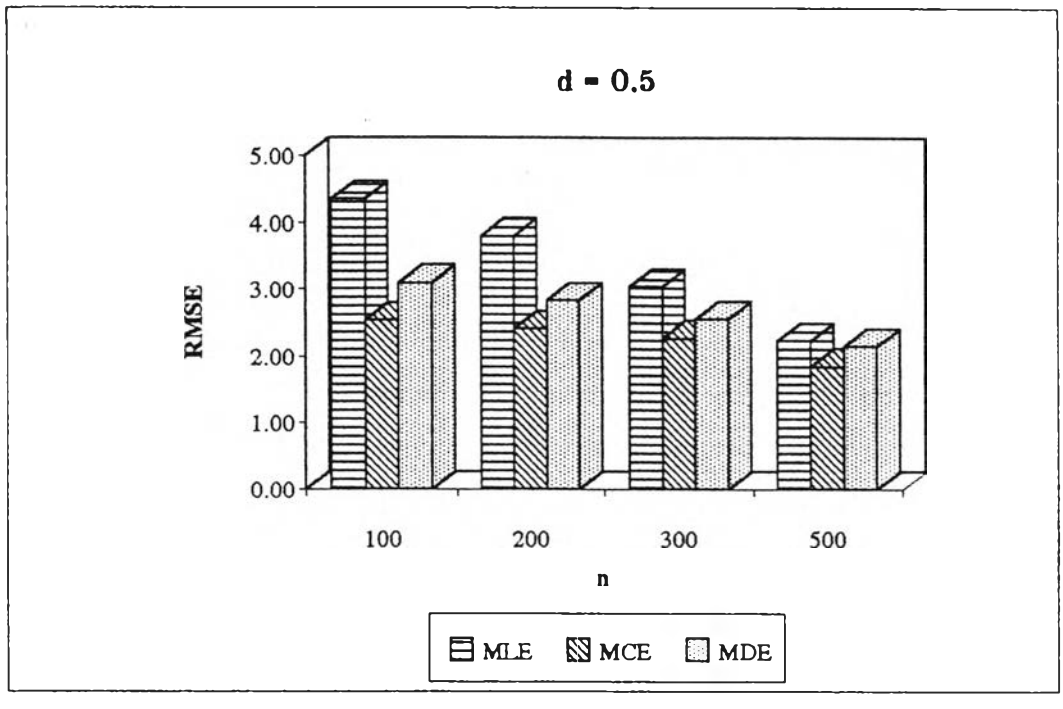
ตารางที่ 4.11 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบพาเรโต เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

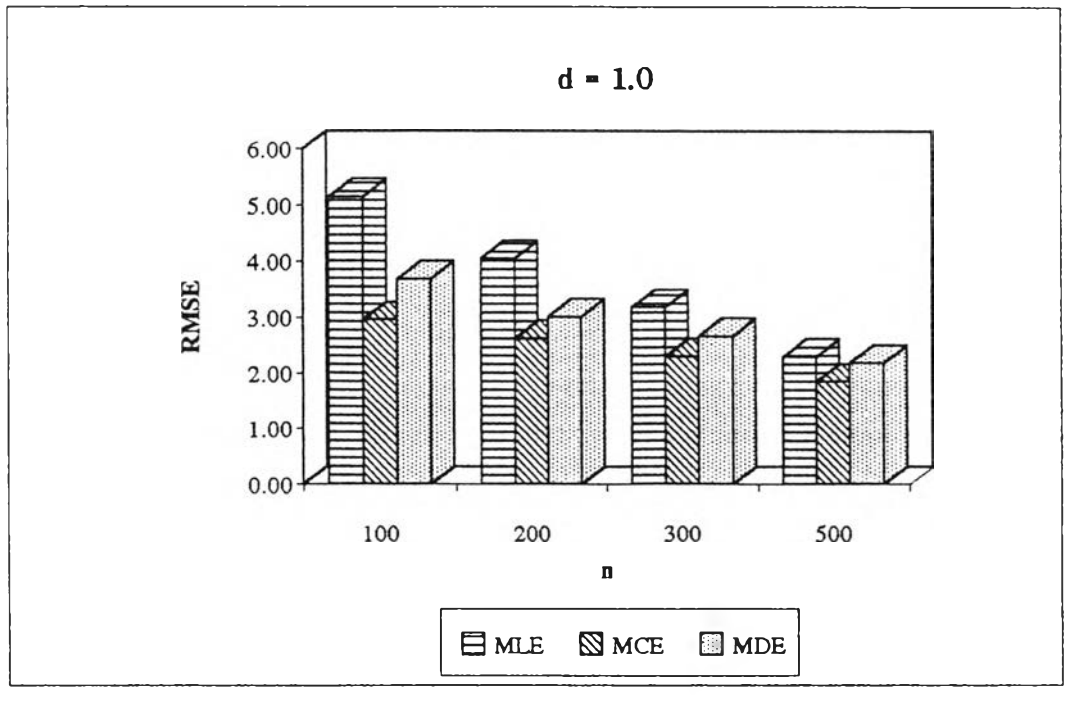
λ	α	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
10	2.5	223%	0.5	3.03712	2.26716	2.55358
			1.0	3.17491	2.29583	2.65957
			2.0	3.45908	2.46184	2.81147
			3.0	3.84712	2.68985	3.16417
	4	141%	0.5	3.81651	2.96696	3.40180
			1.0	3.87368	3.04593	3.52141
			2.0	4.20169	3.30351	3.87065
			3.0	4.57057	3.33968	4.05748
	7	118%	0.5	4.92371	3.98353	4.58466
			1.0	5.44626	3.89988	4.82009
			2.0	5.66690	4.44730	5.08319
			3.0	5.78475	4.53089	5.19707

ตารางที่ 4.12 แสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบพาเรโต เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500 โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ และค่ารับผิดส่วนแรก

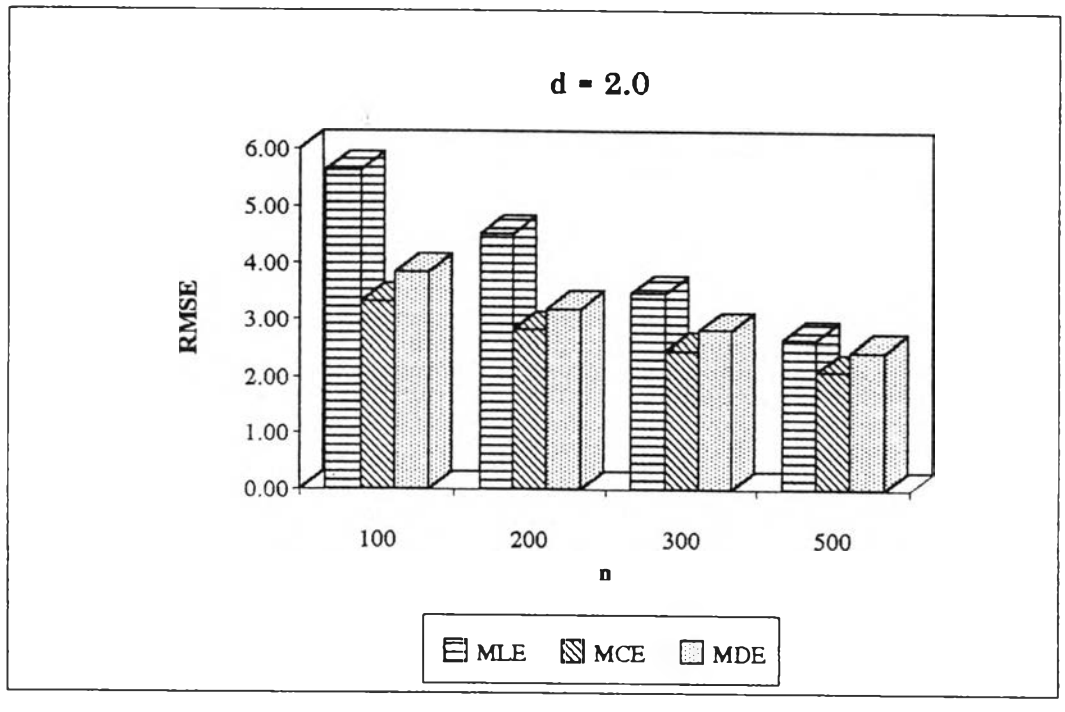
λ	α	CV	d	RMSE		
				MLE	MCE	MDE
10	2.5	223%	0.5	2.22739	1.84252	2.13981
			1.0	2.29944	1.84430	2.18012
			2.0	2.64614	2.08383	2.43156
			3.0	2.72149	2.13264	2.50800
	4	141%	0.5	2.99324	2.37044	2.82568
			1.0	3.16280	2.53083	2.92652
			2.0	3.38489	2.66089	3.16149
			3.0	3.68997	2.85662	3.66512
	7	118%	0.5	4.85818	3.37653	4.33013
			1.0	5.37238	3.78582	4.76362
			2.0	5.66255	4.02177	4.75072
			3.0	5.74041	4.19815	5.19644

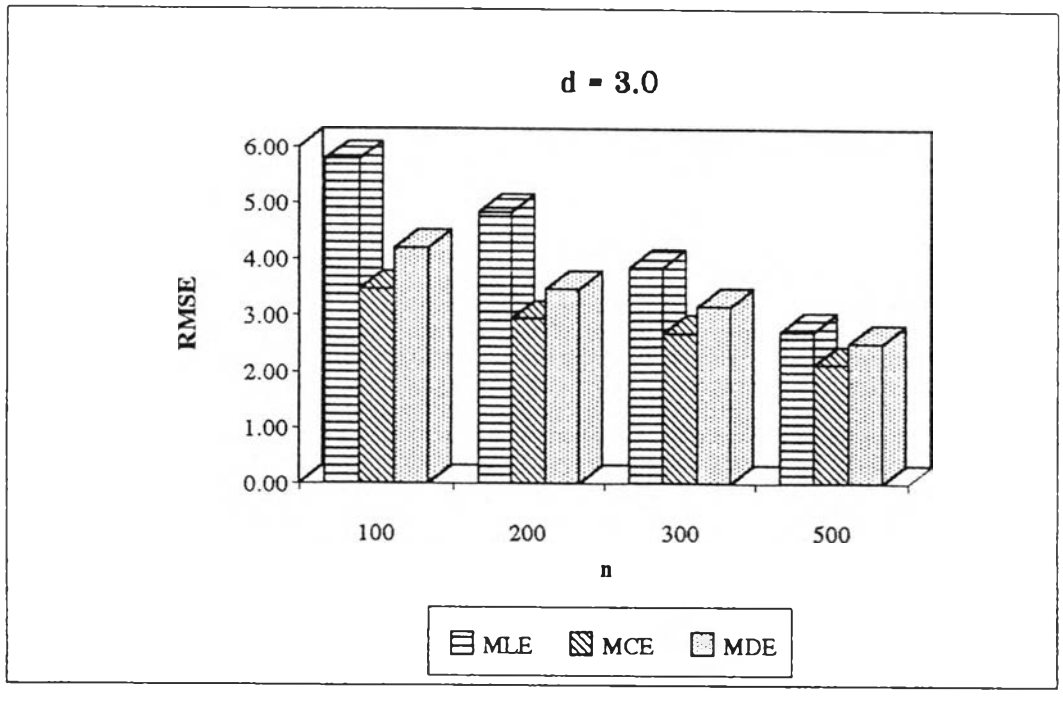
รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบพาเรโต เมื่อ α=2.5,λ=10 (CV=223%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก



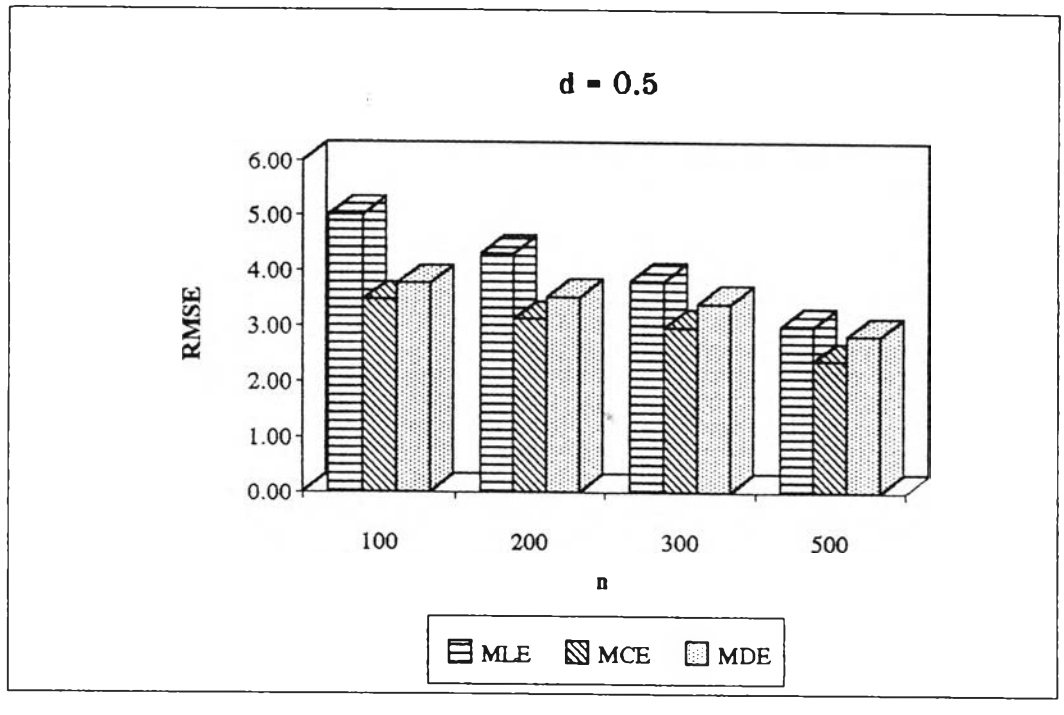


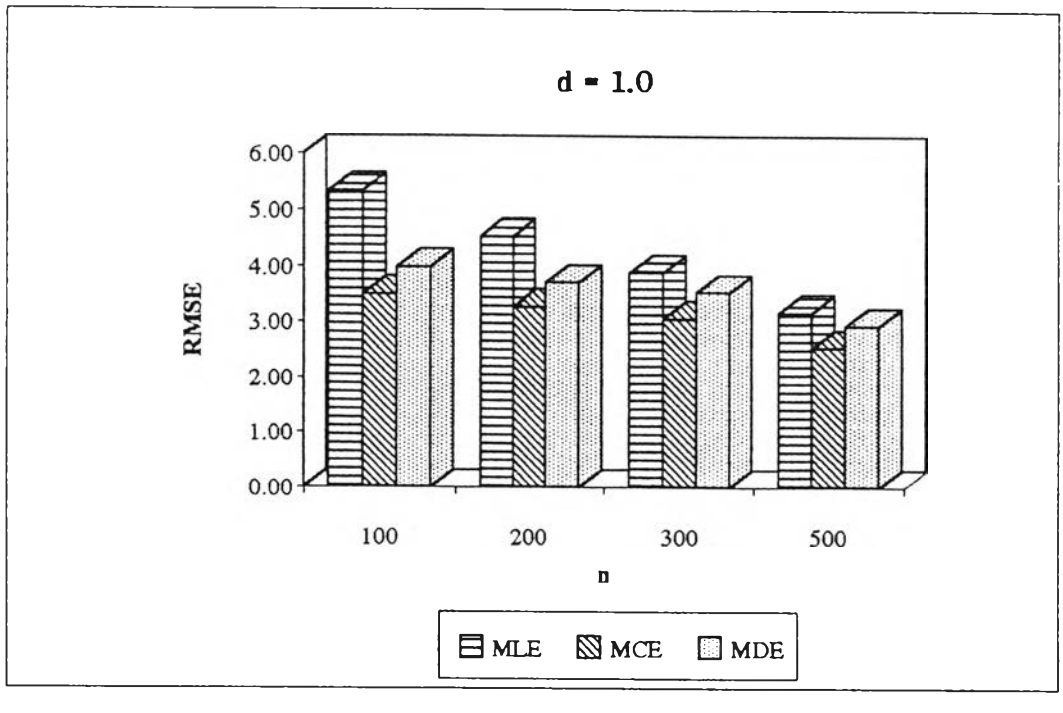
รูปที่ 4.9 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

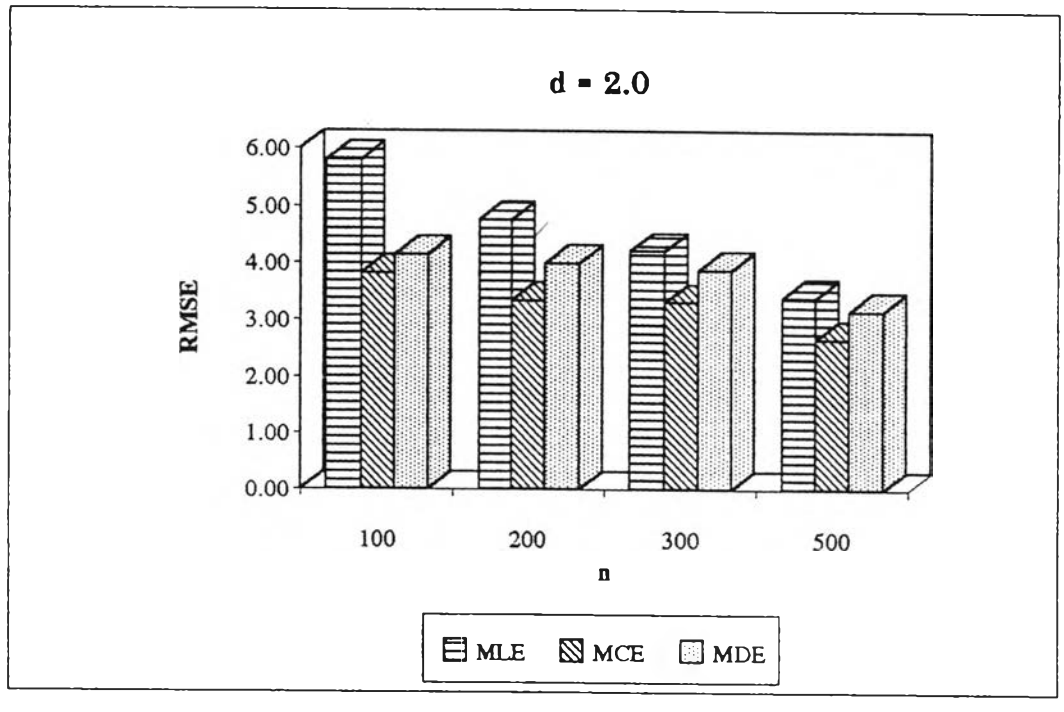

d = 3.0
RMSE
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

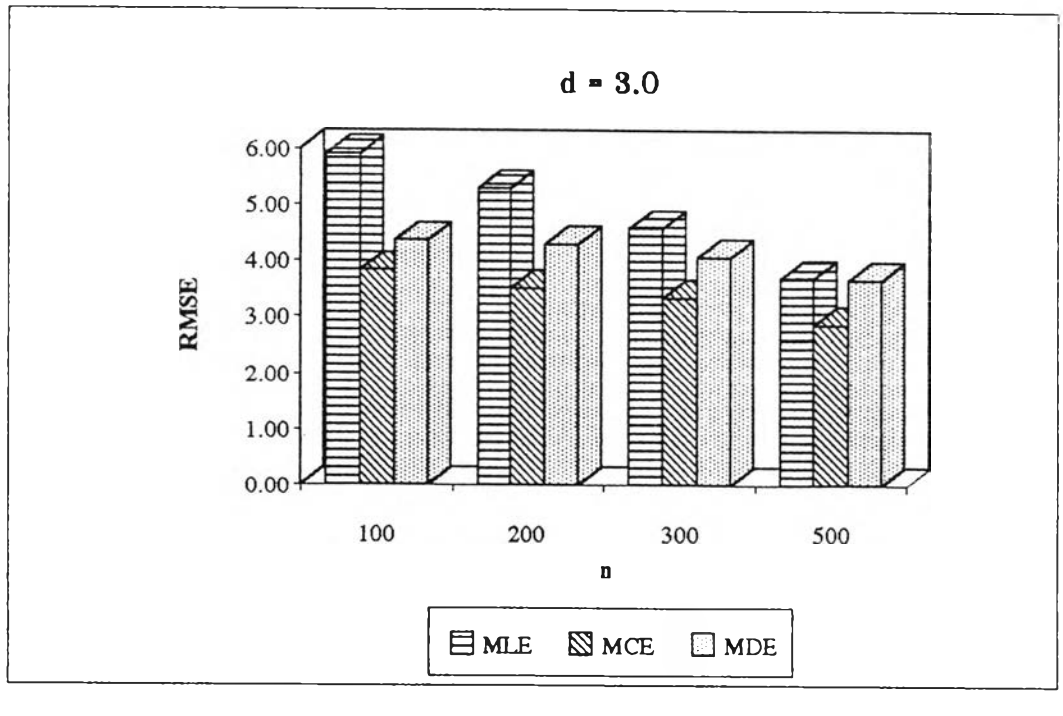
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบพาเรโต เมื่อ α=4,λ=10 (CV=141%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก



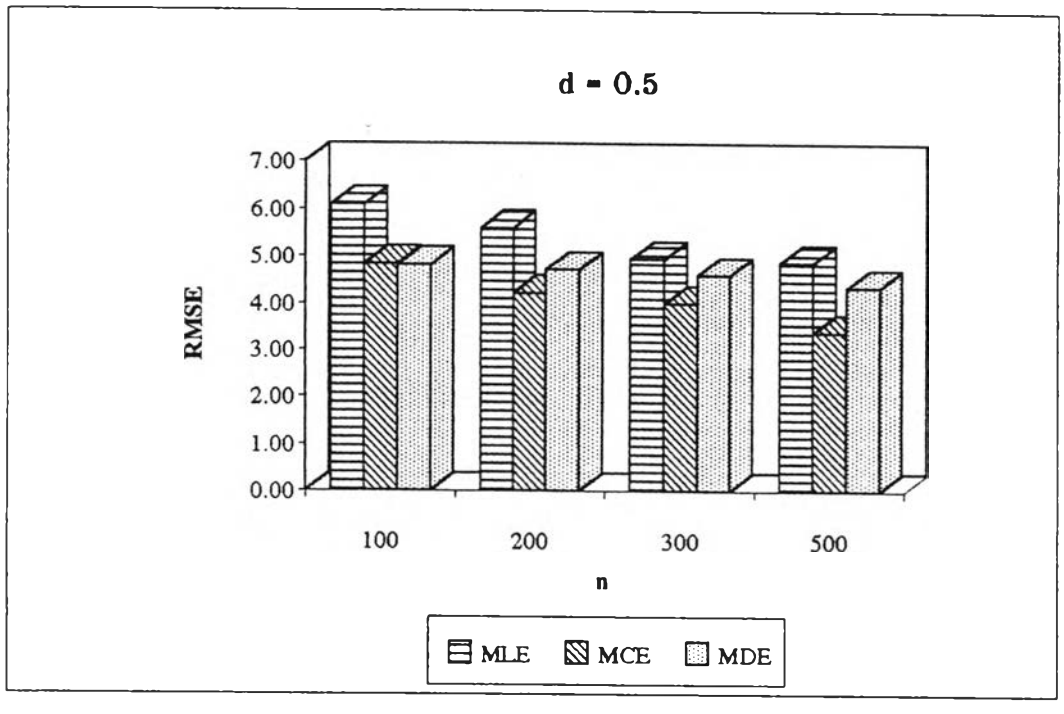


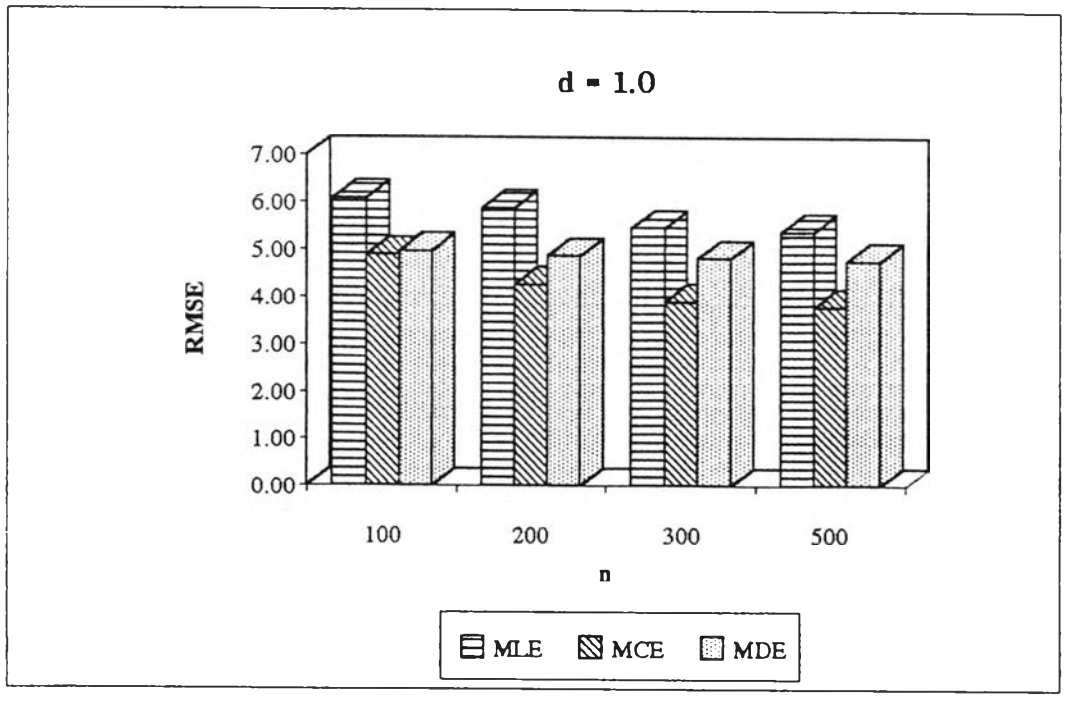
รูปที่ 4.10 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

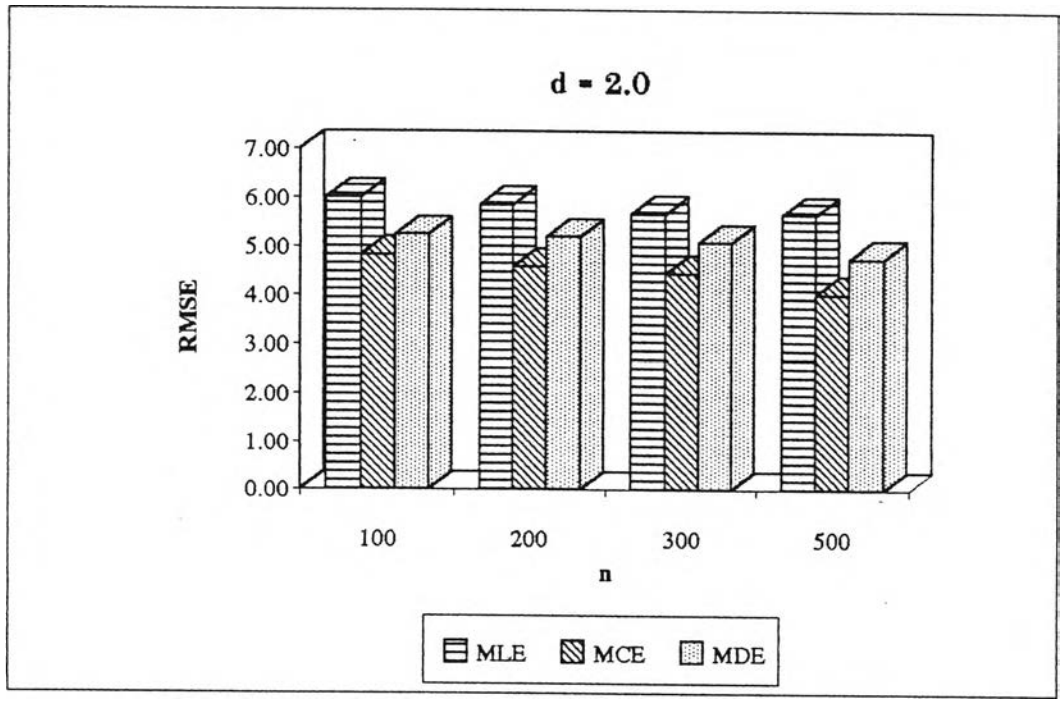

d = 3.0
RMSE
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE

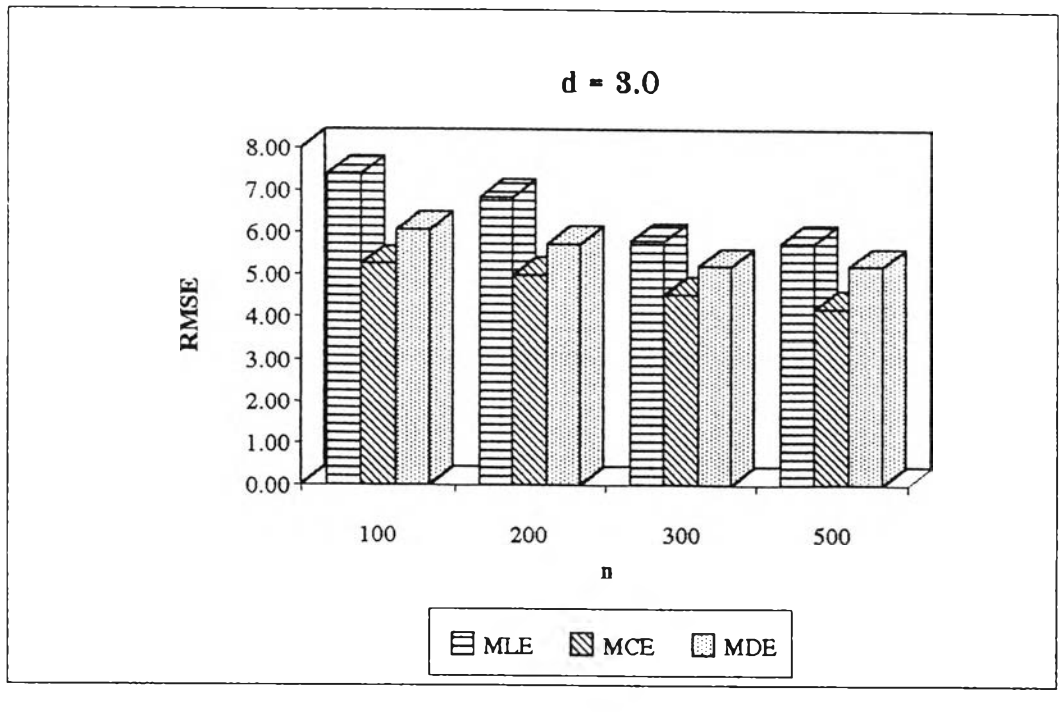
รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบ RMSE ของวิธีการประมาณทั้ง 3 วิธี ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบพาเรโต เมื่อ α=7,λ=10 (CV=118%) โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่ารับผิดส่วนแรก





รูปที่ 4.11 (ต่อ)


d = 2.0
RMSE
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE


d = 3.0
RMSE
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
100
200
300
500
n
MLE
MCE
MDE