บทที่ 4

ผลการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขอบเขตควบคุมและเปรียบเทียบจำนวนคาบเวลาที่ต้องใช้ในการตรวจสอบโดยเฉลี่ย (ARL) ของวิธีการตรวจสอบ 4 วิธีที่ใช้ตรวจสอบความเอนเอียงของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ และต้องการหาผลสรุปว่าตัวสถิติทดสอบใดมีจำนวนตัวอย่างที่ต้องใช้ในการตรวจสอบน้อยที่สุดในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นในการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้จึงเสนอผลการวิจัยจำแนกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือ ตารางแสดงขอบเขตควบคุมของแต่ละตัวสถิติทดสอบในแต่ละกรณีที่ศึกษา ส่วนที่สองคือค่า ARL ของแต่ละวิธีการตรวจสอบ ซึ่งจะเสนอเป็นตารางและกราฟ เพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบ โดยกำหนดสัญ ลักษณ์ต่อไปนี้ใช้แทนความหมายต่าง ๆ คือ

α หมายถึง ค่าคงที่ที่ใช้ในการปรับให้เรียบของสูตรพยากรณ์

γ หมายถึง ค่าคงที่ที่ใช้ในการปรับให้เรียบของตัวสถิติที่ใช้ตรวจสอบความเอนเอียงของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

ℓ หมายถึง จำนวนคาบเวลาหรือจำนวนค่าสังเกตเริ่มต้น (Run-in period) ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนระดับแนวโน้มในตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้น

Step Size หมายถึง ขนาดของระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงที่เปลี่ยนแปลงไป

ARL หมายถึง จำนวนตัวอย่าง (หรือคาบเวลา) ที่ต้องใช้ในการตรวจสอบโดยเฉลี่ย (Average run length)

Std. err. หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่า ARL

CUSUM หมายถึง วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่าย ซึ่งมีตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ C_t และมีขอบเขตควบคุมคือ C_c

Smoothed error หมายถึง วิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบ ซึ่งมีตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ T_t และมีขอบเขตควบคุมคือ C_s

Autocorrelation หมายถึง วิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเองซึ่งมีตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ R_t และมีขอบเขตควบคุมคือ C_a

Backward CUSUM หมายถึง วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมย้อนหลัง ซึ่งมีตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ D_t^+ และ D_t^- และมีขอบเขตควบคุมคือ w และ h

4.1 ขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบความเอนเอียงของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

สำหรับขอบเขตควบคุมของตัวสถิติทดสอบจะนำเสนอในลักษณะของตารางแยกไปตามกรณีที่ศึกษาคือ

4.1.1 กรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าไม่คงที่โดยปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ

เมื่อ ℓ = 20, 40, 60 และ 100 จะนำเสนอค่าขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ในตารางที่ 4.1-4.4 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.1 - 4.4 จะเห็นว่าขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่ายจะมีค่าลดลงเมื่อค่า ℓ เพิ่มขึ้นหรือค่า α เพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ γ มีค่าเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.1 - 4.4 จะเห็นว่าขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบจะมีค่าลดลงเมื่อค่า ℓ เพิ่มขึ้นหรือค่า α เพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ γ มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0-1 เท่านั้น และขอบเขตควบคุมจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อ ℓ มีค่ามาก (มากกว่าหรือเท่ากับ 60)

จากตารางที่ 4.1 - 4.4 จะเห็นว่าขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเองจะมีค่าลดลงเมื่อค่า ℓ เพิ่มขึ้นหรือค่า α เพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ γ มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0-1 เท่านั้น และขอบเขตควบคุมจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อ ℓ มีค่ามาก

ตารางที่ 4.1 ค่าขอบเขตควบคุมในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าไม่คงที่โดยปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ เมื่อ $\ell = 20$

α	γ	CUSUM			Smoothed error			Autocorrelation		
		C_c	ARL	Std. err.	C_s	ARL	Std. err.	C_a	ARL	Std. err.
0.1	0.05	39.79	100.55	3.58	0.62	100.79	3.84	0.48	100.96	1.15
	0.10	50.28	100.51	4.12	0.73	100.44	4.12	0.59	100.84	2.64
0.2	0.05	12.58	100.87	1.93	0.37	100.73	2.35	0.42	100.63	4.36
	0.10	14.21	100.54	4.77	0.51	100.82	2.46	0.46	100.32	5.37
	0.20	19.93	100.63	4.19	0.83	100.80	3.43	0.69	100.65	3.69
0.3	0.05	7.00	100.53	4.78	0.28	100.84	2.18	0.33	100.45	4.07
	0.10	7.79	100.76	3.06	0.50	100.96	1.11	0.48	100.91	2.06
	0.20	12.43	100.56	4.86	0.92	100.56	4.56	0.79	100.58	3.98

ตารางที่ 4.2 ค่าขอบเขตควบคุมในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าไม่คงที่โดยปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ เมื่อ $\ell = 40$

α	γ	CUSUM			Smoothed error			Autocorrelation		
		C_c	ARL	Std. err.	C_s	ARL	Std. err.	C_a	ARL	Std. err.
0.1	0.05	20.77	100.82	3.16	0.36	100.93	2.24	0.45	100.72	3.70
	0.10	27.20	100.93	1.36	0.68	100.89	2.03	0.58	100.73	4.03
0.2	0.05	8.57	100.66	4.14	0.28	100.71	3.95	0.36	100.80	3.33
	0.20	10.94	100.53	4.53	0.81	100.93	1.57	0.68	100.73	3.48
0.3	0.05	5.96	100.72	3.99	0.28	100.98	0.60	0.28	100.63	4.45
	0.30	8.69	100.81	2.89	0.89	100.93	2.15	0.75	100.75	3.36

ตารางที่ 4.3 ค่าขอบเขตควบคุมในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าไม่คงที่โดยปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ เมื่อ ℓ = 60

α	γ	CUSUM			Smoothed error			Autocorrelation		
		C_c	ARL	Std. err.	C_s	ARL	Std. err.	C_a	ARL	Std. err.
0.1	0.05	15.30	100.22	5.59	0.36	100.85	2.48	0.43	100.78	3.07
	0.10	18.17	100.61	3.94	0.64	100.82	2.66	0.56	100.61	4.08
0.2	0.05	6.93	100.52	4.93	0.28	100.82	2.88	0.33	100.97	1.05
	0.20	9.16	100.76	2.85	0.77	100.50	4.54	0.67	100.25	5.53
0.3	0.05	5.68	100.96	1.08	0.28	100.95	1.68	0.25	100.86	2.62
	0.30	7.66	100.93	1.84	0.88	100.47	5.52	0.74	100.37	5.59

ตารางที่ 4.4 ค่าขอบเขตควบคุมในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าไม่คงที่โดยปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ เมื่อ $\ell = 100$

α	γ	CUSUM			Smoothed error			Autocorrelation		
		C_c	ARL	Std. err.	C_s	ARL	Std. err.	C_a	ARL	Std. err.
0.1	0.05	11.72	100.94	1.35	0.36	100.88	2.25	0.41	100.67	4.18
	0.10	10.91	100.48	4.01	0.64	100.90	2.28	0.54	100.54	5.32
0.2	0.05	6.53	100.95	1.28	0.27	100.48	5.29	0.28	100.29	5.59
	0.20	6.90	100.29	5.81	0.77	100.42	4.85	0.66	100.57	4.49
0.3	0.05	5.30	100.96	1.20	0.25	100.81	3.10	0.22	100.36	4.75
	0.30	5.92	100.75	3.24	0.88	100.54	4.96	0.74	100.57	4.17

4.1.2 กรณีค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าคงที่โดยไม่ปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ

เมื่อ ℓ = 20 40 60 และ 100 จะนำเสนอค่าขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ในตารางที่ 4.5 - 4.8

จากตารางที่ 4.5 เป็นขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่าย จะเห็นว่าขอบเขตควบคุมจะมีค่าลดลงเมื่อ ℓ เพิ่มขึ้นหรือ α มีค่าสูงขึ้น และขอบเขตควบคุมนี้จะมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อ ℓ มีค่ามาก (มากกว่าหรือเท่ากับ 60)

จากตารางที่ 4.6 เป็นขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบ จะเห็นว่าขอบเขตควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ α มีค่าสูงขึ้น และมีค่าลดลงเมื่อ ℓ มีค่าเพิ่มขึ้น ขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และขอบเขตควบคุมนี้จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อ ℓ มีค่ามาก

จากตารางที่ 4.7 เป็นขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเอง จะเห็นว่าขอบเขตควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ α มีค่าสูงขึ้น และมีค่าลดลงเมื่อ ℓ มีค่าเพิ่มขึ้น ขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และขอบเขตควบคุมนี้จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อ ℓ มีค่ามาก

จากตารางที่ 4.8 เป็นขอบเขตควบคุมของวิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมย้อนหลัง ซึ่งจะมีค่าขอบเขตควบคุมอยู่ 2 ค่าคือ w และ h ค่าของ w นั้นจะกำหนดให้คงที่เป็น 0.3 (ค่าของ w อาจเปลี่ยนแปลงได้แต่ค่า h จะเปลี่ยนไปด้วย) ค่าของ h จะมีค่าลดลงเมื่อ ℓ เพิ่มขึ้นหรือ α มีค่าสูงขึ้น และขอบเขตควบคุมนี้จะมีค่าค่อนข้างคงที่ เมื่อ ℓ มีค่ามาก

ตารางที่ 4.5 ค่าขอบเขตควบคุมในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าคงที่โดยไม่ปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ ของวิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่าย

ℓ	20			40			60			100		
α	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
C_c	24.71	8.97	5.56	15.76	7.13	4.78	11.91	4.91	3.06	10.98	4.90	3.04
ARL	100.97	100.66	100.71	100.50	100.79	100.52	100.51	100.62	100.74	100.72	100.46	100.77
Std. err.	0.66	3.63	3.91	4.83	2.85	4.75	4.61	4.15	3.67	3.86	5.11	3.13

ตารางที่ 4.6 ค่าขอบเขตควบคุมในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าคงที่โดยไม่ปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ ของวิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบ

ℓ	20			40			60			100		
α	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
C_s	0.68	0.90	0.99	0.63	0.86	0.89	0.62	0.85	0.85	0.62	0.85	0.85
ARL	100.63	100.81	100.57	100.46	100.58	100.63	100.88	100.96	100.60	100.58	100.12	100.14
Std. err.	4.30	3.19	4.51	4.97	4.43	4.01	2.35	1.23	4.34	4.64	5.41	5.31

ตารางที่ 4.7 ค่าขอบเขตควบคุมในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าคงที่โดยไม่ปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ ของวิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเอง

ℓ	20			40			60			100		
α	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
C_a	0.83	0.92	0.95	0.82	0.85	0.90	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ARL	100.52	100.22	100.21	100.38	100.60	100.73	100.59	100.42	100.70	100.60	100.29	100.27
Std. err.	4.68	5.67	5.97	5.11	4.88	3.89	4.12	4.40	3.68	4.03	5.58	5.76

ตารางที่ 4.8 ค่าขอบเขตควบคุมในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าคงที่โดยไม่ปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ ของวิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมย้อนหลัง

ℓ	20			40			60			100		
α	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
w	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
h	54.23	31.18	31.25	31.70	30.68	30.68	30.60	30.60	30.23	30.58	30.58	30.18
ARL	100.96	100.93	100.96	100.70	100.98	100.97	100.63	100.99	100.88	100.88	100.86	100.68
Std. err.	1.21	1.26	1.27	4.32	0.54	0.69	4.72	0.25	2.30	2.48	2.38	4.36

4.2 ผลการเปรียบเทียบจำนวนคาบเวลาที่ต้องใช้ในการตรวจล่อบโดยเฉลี่ย (ARL) ของวิธีการตรวจล่อบความเอนเอียงของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

การเปรียบเทียบวิธีการทดล่อบต่าง ๆ จะเปรียบเทียบในกรณีที่ศึกษาดังนี้

4.2.1 กรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าไม่คงที่โดยปรับค่าตามข้อมูลเพิ่มขึ้นในช่วงการทดล่อบ

ในกรณีนี้จะเปรียบเทียบค่า ARL ของวิธีการตรวจล่อบ 3 วิธีคือ วิธีการตรวจล่อบแบบผลรวมล่ะล่มอย่างง่าย วิธีการตรวจล่อบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบและวิธีการตรวจล่อบแบบล่หลัมพันธ์ในตัวเอง เมื่อกำหนดให้ $\ell = 20$ $\alpha = 0.1$ 0.2 0.3 และ $\alpha = 0.05$ 0.1 α ผลการทดลองในกรณีนี้จะนำเล่นอในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.9 ค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบความเอนเอียงของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าไม่คงที่โดยปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ เมื่อ $\ell = 20$

α	γ	Step size	CUSUM		Smoothed error		Autocorrelation	
			ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.
0.1	0.05	0.0	100.55	3.58	100.79	3.84	100.96	1.15
		0.5	93.84	2.06	46.26	3.79	43.44*	4.14
		1.0	36.88	1.23	10.63	0.65	5.63*	1.39
		1.5	33.14	0.50	6.56	0.51	3.39*	1.10
		2.0	31.85	0.39	5.51	0.50	2.21*	0.94
		2.5	31.05	0.24	4.05	0.23	1.57*	0.90
		3.0	30.72	0.45	3.16	0.36	1.16*	0.88
0.1	0.10	0.0	100.51	4.12	100.44	4.12	100.84	2.64
		0.5	96.97	1.59	47.36*	3.39	48.87	4.10
		1.0	39.76	2.11	10.89	0.56	5.98*	1.23
		1.5	36.59	0.98	6.95	0.34	3.42*	1.24
		2.0	35.79	0.71	5.56	0.49	2.31*	1.12
		2.5	35.50	0.58	4.86	0.34	1.75*	1.09
		3.0	35.26	0.51	3.30	0.03	1.32*	1.04

* หมายถึงวิธีการตรวจสอบที่มีค่า ARL ต่ำที่สุด

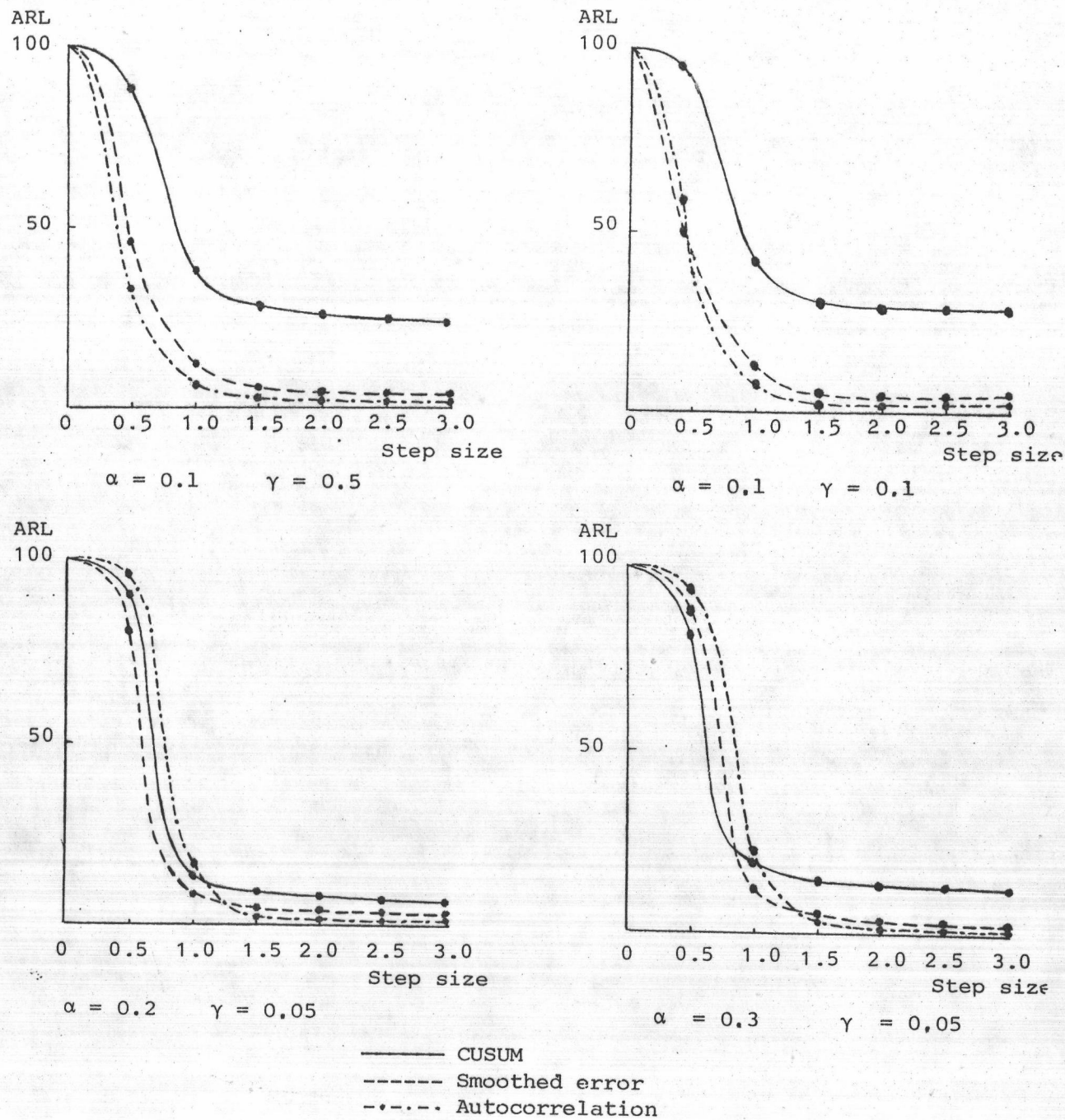
ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

α	γ	Step size	CUSUM		Smoothed error		Autocorrelation	
			ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.
0.2	0.05	0.0	100.87	1.93	100.73	2.35	100.63	4.36
		0.5	88.68	2.50	84.50*	4.65	96.61	5.86
		1.0	12.98	1.47	6.62*	3.34	14.05	4.61
		1.5	9.98	0.41	4.39	0.59	2.11*	1.02
		2.0	7.99	0.17	3.62	0.49	1.23*	0.74
		2.5	6.87	0.33	3.15	0.48	0.84*	0.67
		3.0	5.99	0.09	2.97	0.12	0.53*	0.63
0.2	0.10	0.0	100.54	4.77	100.82	2.46	100.32	5.37
		0.5	90.45*	3.88	92.80	2.89	97.13	4.80
		1.0	18.05	2.26	6.98*	0.85	20.08	3.52
		1.5	13.81	0.76	4.93	0.44	2.38*	1.11
		2.0	12.34	0.49	3.94	0.30	1.45*	0.87
		2.5	11.71	0.45	3.12	0.33	0.99*	0.76
		3.0	11.05	0.21	2.99	0.17	0.66*	0.68
0.2	0.20	0.0	100.63	4.19	100.80	3.43	100.65	3.69
		0.5	93.00*	1.13	95.41	2.17	98.37	7.64
		1.0	22.57	1.14	7.72*	3.31	28.80	4.45
		1.5	17.02	1.56	5.37	0.54	3.57*	1.62
		2.0	15.83	0.92	4.44	0.50	2.05*	1.25
		2.5	15.34	0.68	3.97	0.17	1.35*	0.11
		3.0	15.06	0.58	3.36	0.48	1.06*	0.06

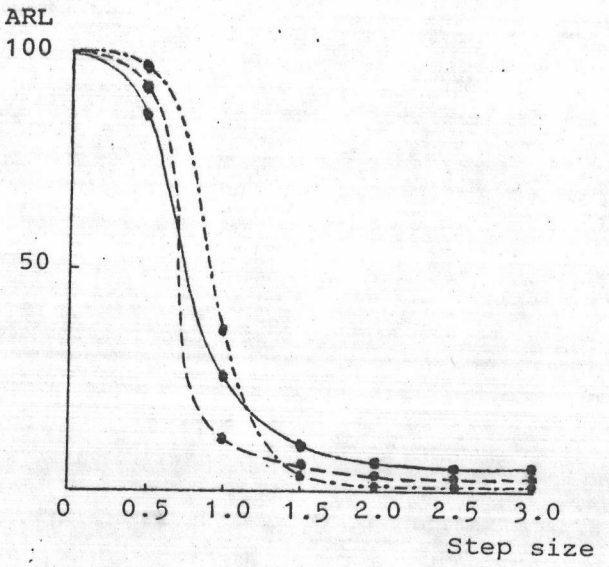
ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

α	γ	Step size	CUSUM		Smoothed error		Autocorrelation	
			ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.
0.3	0.05	0.0	100.53	4.78	100.84	2.18	100.45	4.07
		0.5	89.51*	3.77	90.68	2.13	96.61	5.64
		1.0	26.03	2.37	11.58*	4.78	59.98	6.48
		1.5	8.57	0.72	5.81	3.39	3.36*	1.83
		2.0	5.43	0.50	4.62	0.62	0.91*	0.74
		2.5	4.18	0.42	3.78	0.44	0.52*	0.61
		3.0	3.41	0.21	2.05	0.49	0.23*	0.47
0.3	0.10	0.0	100.76	3.06	100.96	1.11	100.91	2.06
		0.5	90.65*	4.75	91.69	4.87	98.56	5.93
		1.0	15.52	4.24	13.64*	5.04	68.79	3.89
		1.5	8.57	0.89	6.26*	4.41	21.22	3.37
		2.0	6.72	0.52	4.35	0.54	3.78*	2.87
		2.5	5.95	0.26	3.45	0.49	1.43*	1.50
		3.0	5.00	0.06	3.00	0.20	0.43*	0.64
0.3	0.30	0.0	100.56	4.86	100.56	4.56	100.58	3.98
		0.5	93.95*	6.78	94.02	2.08	98.93	2.00
		1.0	22.47*	5.49	25.08	4.42	78.83	4.78
		1.5	11.19*	3.89	12.50	1.92	35.03	4.15
		2.0	10.91	1.45	4.98*	0.32	11.45	1.85
		2.5	9.76	0.93	4.04	0.35	2.99*	0.89
		3.0	9.38	0.73	3.62	0.48	1.97*	0.04

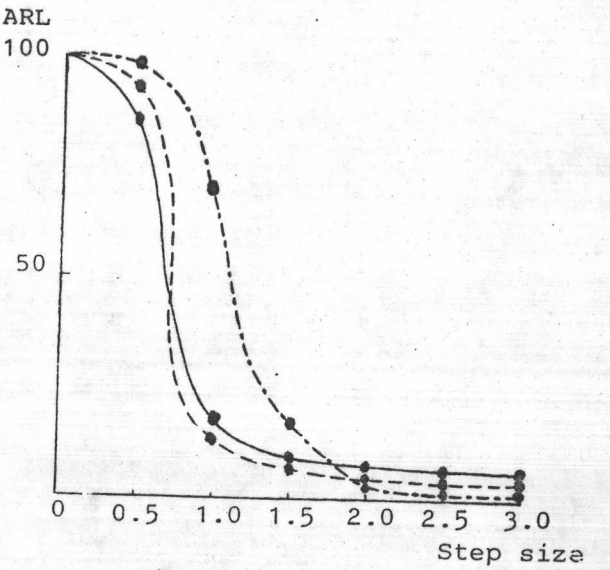
รูปที่ 4.1 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่า ARL และระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงที่แปลี่ยนแปลงไป ในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าไม่คงที่โดยปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ เมื่อ $\ell = 20$ ของวิธีการตรวจสอบต่างๆในแต่ละระดับของค่า α และ γ



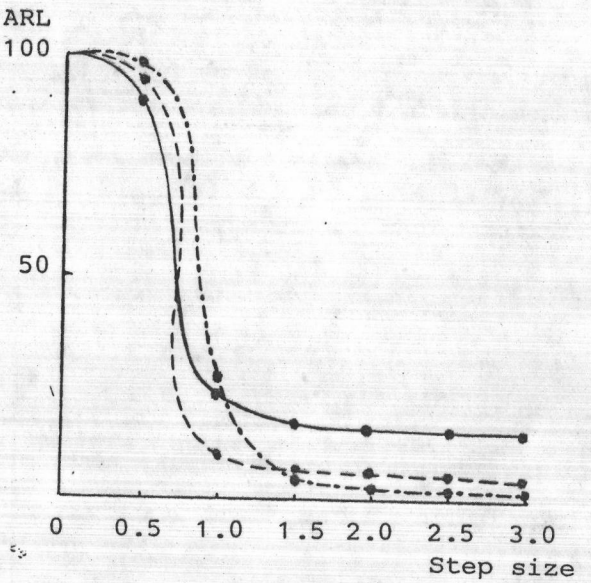
รูปที่ 4.1 (ต่อ)



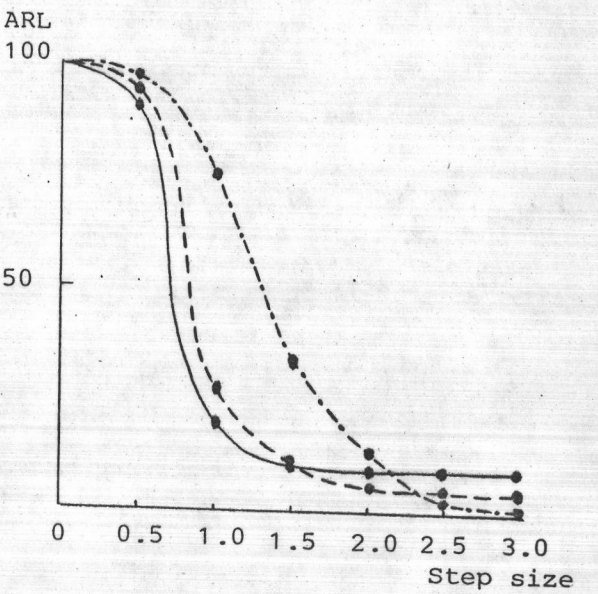
α = 0.2 γ = 0.1



α = 0.2 γ = 0.2



α = 0.3 γ = 0.1



α = 0.3 γ = 0.3

จากตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่าย การตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบ และการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเอง เมื่อระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไป และจำนวนคาบเวลาเริ่มต้น $\ell = 20$ ที่ $\alpha = 0.1, 0.2, 0.3$ และ $\gamma = 0.05, 0.1$, α ทุก ๆ ค่าของ α สามารถเปรียบเทียบค่า ARL ด้วยตัวสถิติ t ผลปรากฏว่าค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบแต่ละวิธีในแต่ละระดับแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไป มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลจากการเปรียบเทียบปรากฏว่า

1. เมื่อระดับ $\alpha = 0.1$ และ $\gamma = 0.05, 0.1$ วิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเอง จะมีค่า ARL น้อยที่สุด และวิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบ วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่ายจะมีค่า ARL เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

2. เมื่อระดับ $\alpha = 0.2, 0.3$ และ $\gamma = 0.05$ วิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่นเมื่อระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปน้อย (น้อยกว่า 1.5) แต่ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปมาก (มากกว่าหรือเท่ากับ 1.5) วิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเองจะมีค่า ARL น้อยที่สุด

3. เมื่อระดับ $\alpha = 0.2$ และ $\gamma = 0.1, 0.2$ ผลการเปรียบเทียบแยกเป็นแต่ละกรณีได้ดังนี้

- ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 0.5 วิธีของการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่ายจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่น แต่จะแตกต่างไปจากค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบไม่มากนัก

- ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 1.0 วิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่น

- ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปมาก วิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเองจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่น

4. เมื่อระดับ α = 0.3 และ γ = 0.1 ผลการเปรียบเทียบแยกเป็นแต่ละกรณีได้ดังนี้

- ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 0.5 วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่ายจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่น แต่แตกต่างไปจากค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบไม่มากนัก

- ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 1.0 และ 1.5 วิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่น

- ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 2.0, 2.5 และ 3.0 วิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเองจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่น

5. เมื่อระดับ α = 0.3 และ γ = 0.3 ผลการเปรียบเทียบแยกเป็นแต่ละกรณีได้ดังนี้

- ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 0.5 ,1.0 และ 1.5 วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่ายจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่น แต่แตกต่างไปจากค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบไม่มากนัก

- ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 2.5 และ 3.0 วิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเองจะมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่น

4.2.2 <u>กรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าคงที่โดยไม่ปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ</u>

ในกรณีนี้จะเปรียบเทียบค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบ 4 วิธีคือ วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่าย วิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบ วิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเอง วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมย้อนหลัง เมื่อกำหนดให้ ℓ = 20 α = 0.1, 0.2, 0.3 และ $\psi = \alpha$ ผลการทดลองในกรณีนี้จะนำเสนอในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.10 ค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบความเอนเอียงของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าคงที่โดยไม่ปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ เมื่อ $\ell = 20$

α	γ	Step size	CUSUM		Smoothed error		Autocorrelation		Backward CUSUM	
			ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.
0.1	0.1	0.0	100.97	0.66	100.63	4.30	100.52	4.68	100.960	1.21
		0.5	56.73	1.31	13.95	2.69	14.01	2.31	5.097*	1.98
		1.0	13.62	0.60	4.86	0.62	3.67	0.80	2.146*	0.67
		1.5	9.12	0.37	3.52	0.51	3.33	0.60	1.954*	0.19
		2.0	7.04	0.21	3.48	0.50	2.12	0.39	1.533*	0.12
		2.5	5.99	0.12	2.96	0.21	1.54	0.22	0.697*	0.09
		3.0	5.01	0.09	2.47	0.50	1.01	0.13	0.151*	0.09

* หมายถึงวิธีการตรวจสอบที่มีค่า ARL ต่ำที่สุด

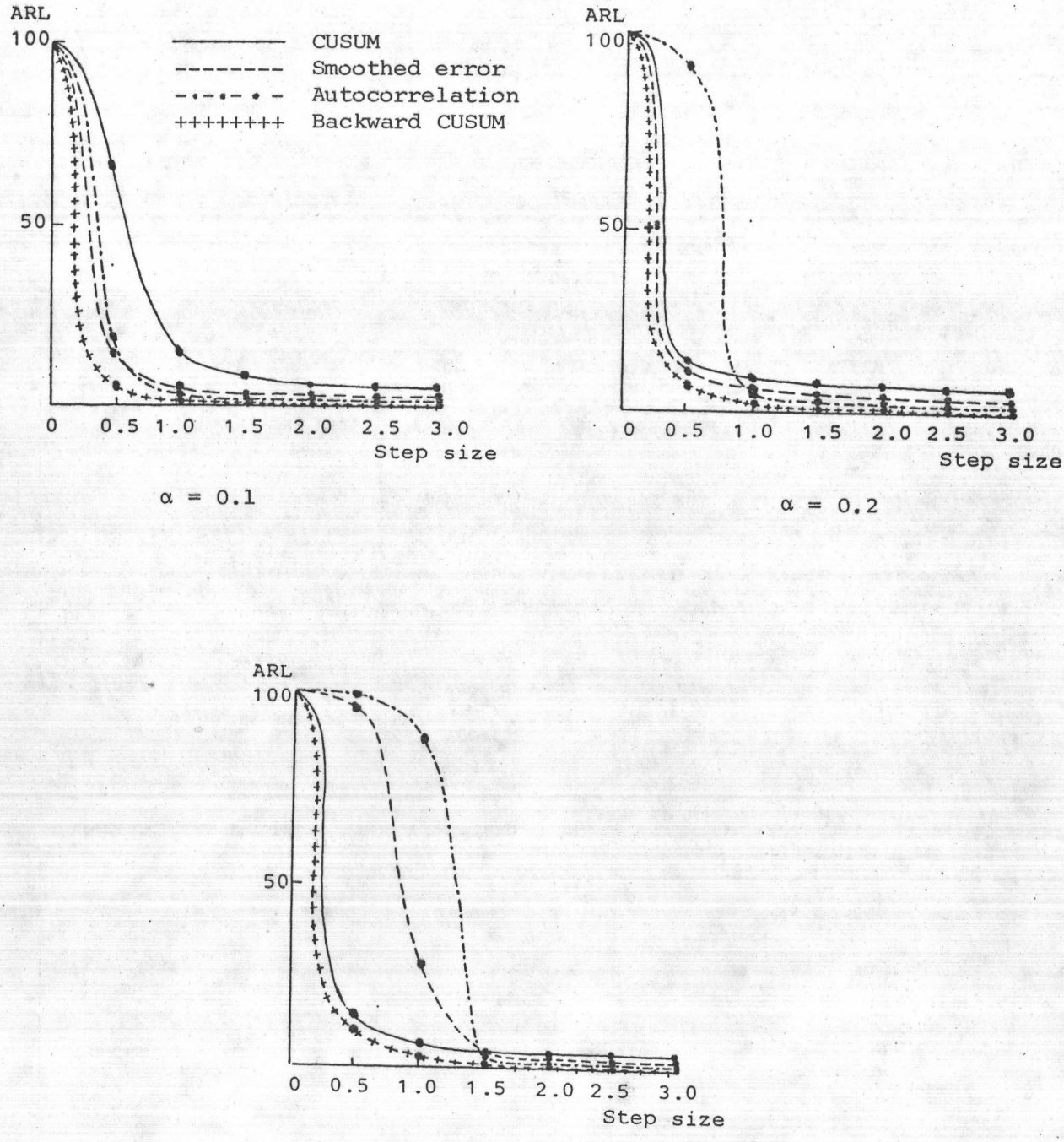
ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

α	γ	Step size	CUSUM		Smoothed error		Autocorrelation		Backward CUSUM	
			ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.
0.2	0.2	0.0	100.66	3.63	100.81	3.19	100.22	5.67	100.930	1.26
		0.5	13.15	1.20	12.14	2.42	89.55	3.11	7.149*	1.01
		1.0	8.70	0.93	4.55	1.03	4.02	0.77	3.647*	0.22
		1.5	5.45	0.55	2.91	0.56	2.88	0.60	1.505*	0.15
		2.0	4.07	0.33	2.10	0.41	1.88	0.44	1.003*	0.09
		2.5	3.23	0.42	1.76	0.43	1.06	0.27	0.452*	0.06
		3.0	2.93	0.25	1.32	0.46	0.82	0.14	0.122*	0.06

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

α	γ	Step size	CUSUM		Smoothed error		Autocorrelation		Backward CUSUM	
			ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.	ARL	Std. err.
0.3	0.3	0.0	100.71	3.91	100.57	4.51	100.21	5.97	100.960	1.27
		0.5	11.83	2.93	93.66	3.84	99.58	4.71	8.447*	1.75
		1.0	7.65	1.47	25.16	3.65	89.08	3.19	5.110*	0.21
		1.5	4.28	0.68	2.57	0.85	2.33	1.75	1.016*	0.19
		2.0	3.07	0.44	1.75	0.56	0.56	0.66	0.425*	0.09
		2.5	2.38	0.49	1.27	0.45	0.21	0.46	0.109*	0.09
		3.0	2.00	0.19	1.03	0.22	0.10	0.33	0.068*	0.06

รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่า ARL และระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงที่เปลี่ยนแปลงไป ในกรณีที่ค่าความแปรปรวน MAD และ MSE มีค่าคงที่โดยไม่ปรับค่าตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดสอบ เมื่อ $\ell = 20$ ของวิธีการตรวจสอบต่างๆในแต่ละระดับของค่า $\gamma = \alpha$



จากตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงค่า ARL ของ การตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่าย การตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบ การตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเอง และการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมย้อนหลัง เมื่อระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไป และจำนวนคาบเวลาเริ่มต้น ℓ = 20 ที่ α = 0.1, 0.2, 0.3 และ $\gamma = \alpha$ สามารถเปรียบเทียบค่า ARL ด้วยตัวสถิติ t ผลปรากฏว่าค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบแต่ละวิธีในแต่ละระดับแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลจากการเปรียบเทียบปรากฏว่า วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมย้อนหลังมีค่า ARL น้อยกว่าวิธีอื่นในทุกกรณี วิธีการตรวจสอบที่มีค่า ARL น้อยเป็นอันดับที่สอง รองจากค่า ARL ของวิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมย้อนหลัง ผลการเปรียบเทียบจะแยกเป็นแต่ละกรณีที่ศึกษาดังนี้

1. ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปมากวิธีการตรวจสอบแบบสหสัมพันธ์ในตัวเองจะมีค่า ARL น้อยเป็นอันดับที่สอง ในทุกค่าของ α และ γ ที่ศึกษา

2. ถ้าระดับแนวโน้มของตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้นไม่คงที่ตลอดช่วงเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่ $\alpha = \gamma =$ 0.2 และ 0.3 วิธีการตรวจสอบแบบผลรวมสะสมอย่างง่ายจะมีค่า ARL น้อยเป็นอันดับที่สอง แต่ถ้า $\alpha = \gamma = 0.1$ วิธีการตรวจสอบแบบปรับความคลาดเคลื่อนให้เรียบจะมีค่า ARL น้อยเป็นอันดับที่สอง

ในการวิจัยครั้งนี้ยังได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่ ℓ = 40, 60 และ 100 โดยมีขอบเขตควบคุมดังที่เสนอไว้ในตารางที่ 4.2-4.8 ทำการเปรียบเทียบในลักษณะเดียวกันกับ ℓ = 20 พบว่าผลลัพธ์ในการเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบยังคงเหมือนเดิม แต่ค่า ARL จะลดลงตามค่า ℓ ที่เพิ่มขึ้น ผลการเปรียบเทียบ เมื่อ ℓ = 20, 40, 60 และ 100 แสดงไว้ในภาคผนวก ข.