บทที่ 3

การจำลองบนคอมพิวเตอร์

แหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาจำลองบนคอมพิวเตอร์ ได้มาจากอัลกอริทึมของ การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศ ที่นำมาใช้เปรียบเทียบและที่จะนำเสนอในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ โดยนำอัลกอริทึมดังกล่าวมาเขียนโปรแกรมเพื่อ Simulate เพื่อให้ได้ค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบว่า อัลกอริทึมวิธีใดที่ให้ความแม่นยำมากกว่ากัน ด้วยโปรแกรม MATLAB 4.0 FOR WINDOWS บนเครื่องคอมพิวเตอร์ 486 DX2-66

การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือ จุดอ้างอิงและระยะอ้างอิง ซึ่งหมายถึง สถานีดักรับสัญญาณ ทั้งสี่สถานีนั้น ในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้ว ชุดวิทยุดักรับหาทิศที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ใช้การ scan แผนที่ในส่วนที่ปฏิบัติงาน ลงไปในคอมพิวเตอร์ ค่าที่หาได้จะแปลงเป็นเป็นพิกัดทางภูมิศาสตร์โดยอัตโนมัติ ซึ่งในปัจจุบันระยะทางภูมิศาสตร์ของแผนที่ในประเทศไทยยังเป็นระยะที่ไม่แน่นอน เนื่องจาก ณ ที่ต่างกัน ระยะทางบนแผนที่ของ Latitude และ Longitude จะยาวไม่เท่ากัน ในการจำลองบนคอมพิวเตอร์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จึงตัดปัญหาในเรื่องนี้ออกไป โดยจะใช้การกำหนดพิกัดอยู่ในรูป แกน X แกน Y โดยการกำหนดที่ตั้งของสถานีวิทยุดักรับหาทิศ และแหล่งกำเนิดสัญญาณ อยู่ในแนวแกน X แกน Y แต่จะแตกต่างกันตามแต่ละกรณีที่ใช้การจำลอง หลังจากที่กำหนดตำแหน่งของที่ตั้งสถานีดักรับหาทิศ และที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ แล้ว สามารถหามุมทิศจริง (θ) ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\tan \theta = \frac{(y - y1)}{(x - x1)}$$

$$\boxed{\theta = \arctan \frac{(y - y1)}{(x - x1)}}$$

การสร้างแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์

ในการสร้างแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ มีเป้าหมายที่ต้องการให้ เครื่องคอมพิวเตอร์แสดงผลค่าความคลาดเคลื่อน ของอัลกอริทึมที่ใช้เปรียบเทียบ โดยครอบคลุมลักษณะของที่ตั้งสถานีดักรับหาทิศในหลาย ๆ รูปแบบ และจำนวนของสถานีดักรับหาทิศ ที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งในการ Simulate นั้นได้กำหนดที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ ไว้ที่ตำแหน่งเดียวกันในทุกกรณี เพื่อจะเปรียบเทียบได้ง่าย คือที่ตำแหน่ง (15 , 15) โดยกำหนดในรูปของพิกัด x , y และมีอัตราส่วน ของระยะคือ หนึ่งหน่วยต่อหนึ่งกิโลเมตร ซึ่งรูปแบบที่กำหนดนั้นมีค่าใกล้เคียง กับการปฏิบัติงานในสนามมากที่สุด เพื่อผลที่ได้จากการ Simulate นั้นสามารถเชื่อถือได้เหมือนกับทดสอบด้วย เครื่องมือจริง ๆ ซึ่งการกำหนดรูปแบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบนั้น สามารถแบ่งได้ตามจุดประสงค์ของการศึกษาเปรียบเทียบได้ 4 รูปแบบดังนี้

1. เพื่อการเปรียบเทียบตามรูปแบบโครงสร้าง ของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ แต่ละโครงสร้าง โดยพิจารณาเปรียบเทียบ เมื่อมีการใช้อัลกอริทึมของแต่ละวิธีที่แตกต่างกัน

2. เพื่อการเปรียบเทียบตามรูปแบบโครงสร้าง ของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ แต่ละโครงสร้าง โดยพิจารณาเปรียบเทียบ เมื่อมีการเพิ่มจำนวนของสถานีดักรับหาทิศ จาก 2 เป็น 3 และ 4

3. เพื่อการเปรียบเทียบตามรูปแบบโครงสร้าง ของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ทั้งสองโครงสร้าง โดยพิจารณาเปรียบเทียบเมื่อมีการกลับขั้นตอน ของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ

4. เพื่อการเปรียบเทียบตามรูปแบบโครงสร้าง ของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณแต่ละโครงสร้างโดยพิจารณาเปรียบเทียบ เมื่อมีจำนวนของสถานีดักรับหาทิศเท่ากัน แต่ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีดักรับหาทิศนั้นต่างกัน

I 16894856

กรณีที่ใช้ในการเปรียบเทียบ สำหรับการ Simulate

ในการ Simulate เพื่อจะให้เกิดการเปรียบเทียบอย่างเห็นได้ชัดนั้น สามารถแบ่งเป็นกรณีต่าง ๆ ตามจำนวนของสถานีดักรับหาทิศ ได้ดังนี้

กรณีที่มี 2 Observers แบ่งออกได้เป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1

- ตำแหน่งของ source อยู่ในพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของ Observer แรก กับ Observer ที่สอง เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน X

กรณีที่ 2

- ตำแหน่งของ source อยู่นอกพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของ Observer แรก กับ Observer ที่สอง เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน X

กรณีที่มี 3 Observers แบ่งออกได้เป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 3

- ตำแหน่งของ source อยู่ในพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของ Observer แรก กับ Observer ที่สาม เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน X

กรณีที่ 4

- ตำแหน่งของ source อยู่นอกพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของ Observer แรก กับ Observer ที่สาม เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน X

กรณีที่มี 4 Observers แบ่งออกได้เป็น 2 กรณีคือ

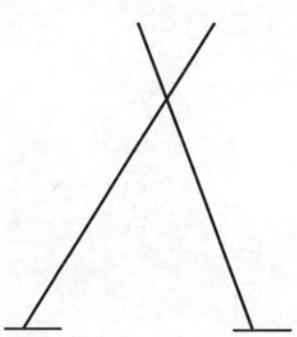
กรณีที่ 5

- ตำแหน่งของ source อยู่ในพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของ Observer แรก กับ Observer ที่สี่ เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน X

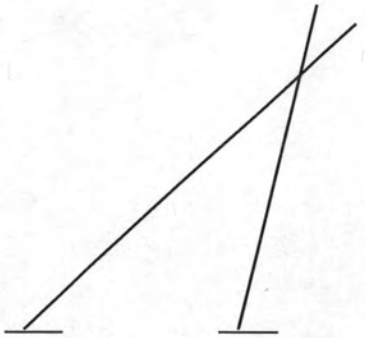
กรณีที่ 6

- ตำแหน่งของ source อยู่นอกพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของ Observer แรก กับ Observer ที่สี่ เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน X

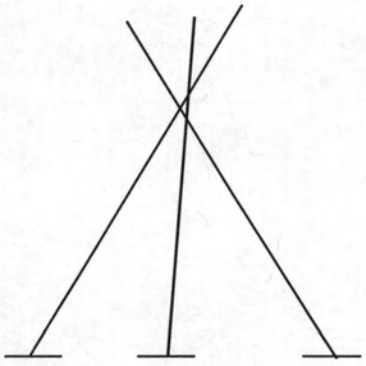
จากกรณีที่ใช้ในการเปรียบเทียบ สำหรับการ Simulate ในแต่ละกรณีนั้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ได้ดังนี้



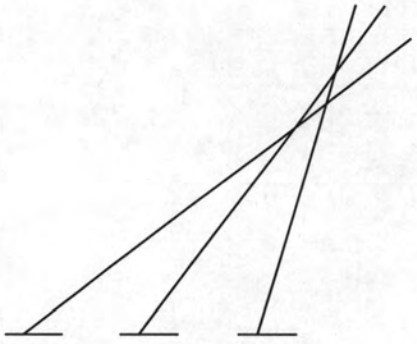
กรณีที่ 1



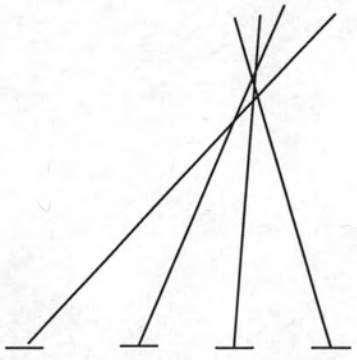
กรณีที่ 2



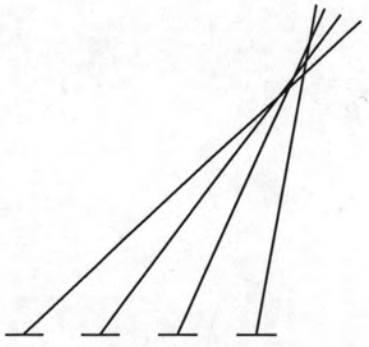
กรณีที่ 3



กรณีที่ 4



กรณีที่ 5



กรณีที่ 6

รูปที่ 3.1 แสดงกรณีที่ใช้ในการเปรียบเทียบ สำหรับการ Simulate

ค่าที่นำไปใช้ในการจำลองบนคอมพิวเตอร์

เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงแล้ว กำลังออกอากาศของแหล่งกำเนิดสัญญาณ ของฝ่ายตรงข้ามนั้นจะมี Power ต่ำ เพราะเป็นรูปของการรักษาความปลอดภัยทางการส่งข่าว ดังนั้น ค่าที่นำไปใช้ในการจำลองบนคอมพิวเตอร์ นั้นจึงต้องพิจารณาให้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยการกำหนดสเกลของระยะไว้ 1 หน่วยต่อ 1 กิโลเมตร โดยให้ตำแหน่งของ source อยู่ห่างจากตำแหน่งตำแหน่งของ Observer ประมาณ 15 กิโลเมตร ขึ้นไป ส่วนระยะห่างของแต่ละ Observer นั้น ตั้งแต่ 4 - 20 กิโลเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธภาพของชุดวิทยุที่ทำการส่ง ทั้ง voice และ data ของ ชุดดักรับหาทิศนั้น ๆ ค่าที่ได้พิจารณาตามความเหมาะสม และง่ายต่อการเปรียบเทียบ สามารถแสดงได้ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าที่นำไปใช้ในการจำลองบนคอมพิวเตอร์

พิกัดของ / กรณีที่	DF 1 (x,y)	DF 2 (x,y)	DF 3 (x,y)	DF 4 (x,y)	SOURCE (x,y)	มุม θ_1	มุม θ_2	มุม θ_3	มุม θ_4
1	0,0	20,0	-	-	15,15	45.00	108.435	-	-
2	0,0	10,0	-	-	15,15	45.00	71.565	-	-
3	0,0	10,0	20,0	-	15,15	45.00	71.565	108.435	-
4	0,0	5,0	10,0	-	15,15	45.00	56.310	71.565	-
5	0,0	10,0	20,0	30,0	15,15	45.00	71.565	108.435	135.00
6	0,0	4,0	8,0	12,0	15,15	45.00	53.753	64.985	78.690

รูปแบบของการแสดงผลที่ได้จากการทดลอง

1. แสดงรูปกราฟเปรียบเทียบของอัลกอริทึม ของแต่ละวิธีด้วย ค่า Mean Square Error (MSE) ทั้ง แกน x และ แกน y ดังนี้

$$\text{Mean Square Error (MSE)} = \frac{\sum (\text{ค่าพิกัดของตำแหน่งจริง - ค่าพิกัดของตำแหน่งที่หาได้})^2}{N}$$

2. แสดงรูปของ Circular Error Probability (CEP) of 50 % ของวิธี Extended Kalman Filter ทั้ง 6 กรณี โดยการนำค่า ระยะทางจากจุดของตำแหน่งจริง ถึง จุดของตำแหน่งที่หาได้ มาจัดลำดับ มีทั้งหมด 100ค่า เนื่องมาจากการทำ 100 Monte Carlo Runs โดยค่า CEP of 50 % นั้นคือค่ากลางของค่าที่ 50-51 นั้นหมายถึง ค่า CEP of 50 % เป็นตัวกำหนดรัศมีของวงกลม โดยจะมีค่า ที่น้อยกว่า CEP of 50 % อยู่ในวงกลม

$$\text{ระยะทางจาก source ถึง optimal location (R)} = \sqrt{(x_{source} - x_{opt})^2 + (y_{source} - y_{opt})^2}$$

<u>วิธีการทดลองด้วยการจำลองบนคอมพิวเตอร์</u>

โครงสร้างของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณมีด้วยกันสองลักษณะ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ขั้นแรกของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ต้องสร้างโปรแกรม INPUT ในรูปของ $bi(n) = \theta_i + \eta(n)$

θ_i = มุมทิศจริงตามตารางที่ 3.1

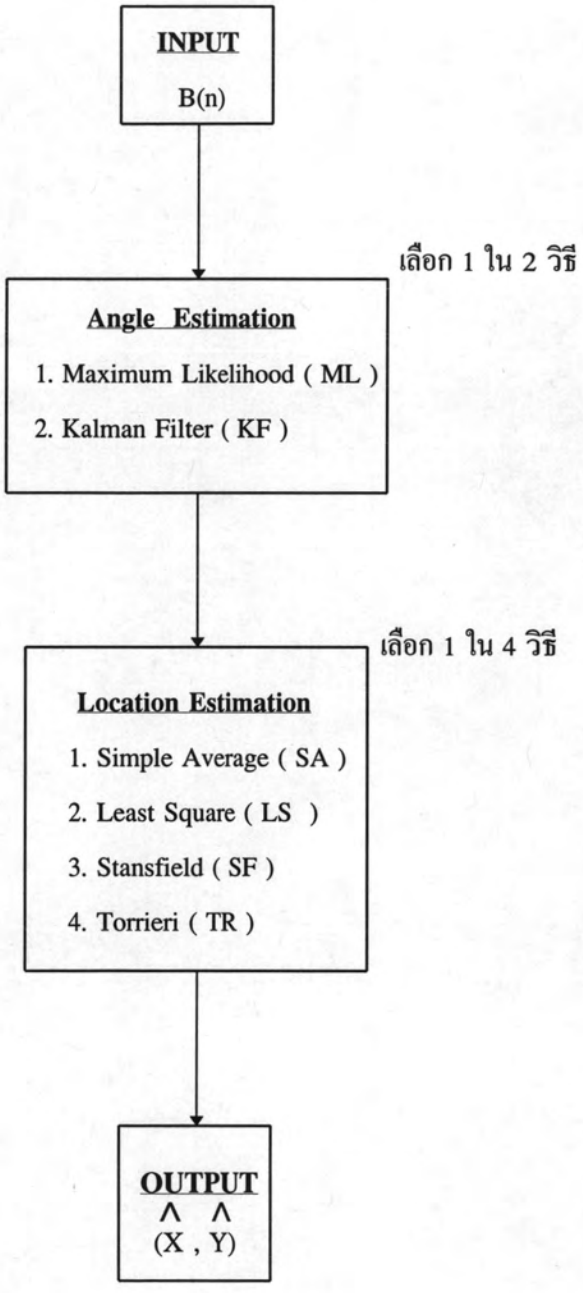
$\eta(n)$ = noise ที่ได้จากการ Generate ในรูป Gaussian Random Viarable

โดยการสร้างโปรแกรม INPUT ซึ่งก็คือ โปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้าง input data ตามจำนวนของสถานีดักรับหาทิศ หลังจากนั้นจึงสร้างโปรแกรมของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ตามลักษณะของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะเลือกใช้อัลกอริทึมแต่ละวิธีให้ครบทุกวิธี ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ของทั้งสองลักษณะดังต่อไปนี้

1. <u>รูปแบบของการทดลอง ในลักษณะที่ 1</u> (หา Optimal Bearing Angle ก่อน)

นำค่า B(n) ที่ได้จากโปรแกรม INPUT ซึ่ง data จะอยู่ในรูปของ $B(n) = [\ b1(n)\ b2(n). . . . .\ bL(n)\ ]^T$ ซึ่งเป็น Measured Bearing Angle Vector ผ่านเข้าขบวนการ Angle Estimation ด้วยวิธี Maximum Likelihood หรือ Kalman Filter แล้วผ่านขบวนการ Location Estimation ด้วยวิธี Simple Average, Least Square, Standfield หรือ Torrieri วิธีใดวิธีหนึ่ง ได้ output ออกมาเป็น Optimal location estimate

จากรูปแบบการทดลองดังกล่าว สามารถนำมาเขียน Flow chart ได้ดังต่อไปนี้

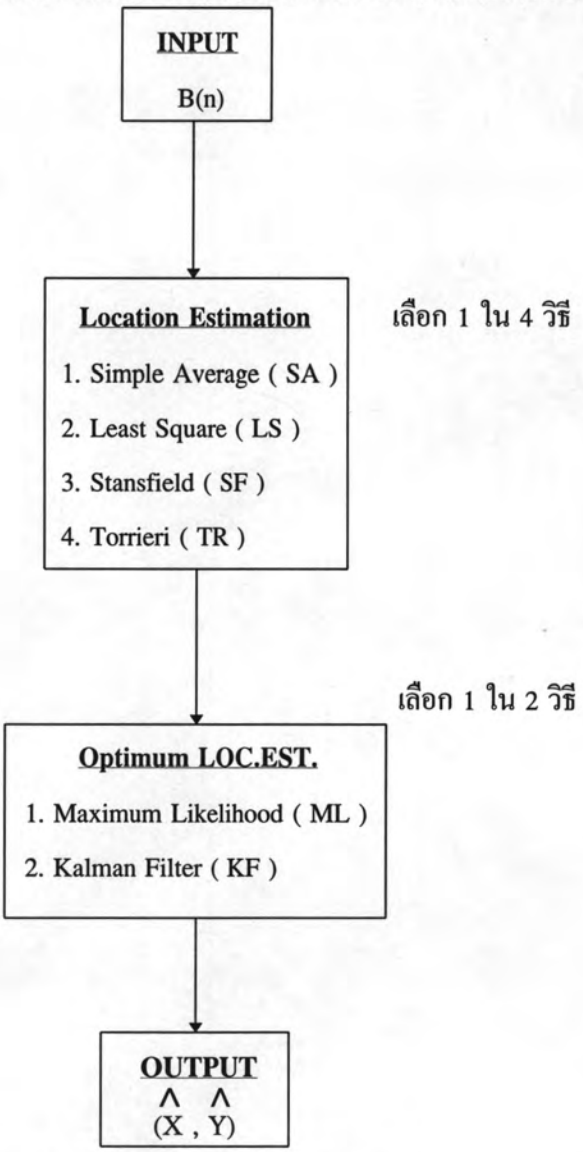


รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบของการทดลองในลักษณะที่ 1

2. <u>รูปแบบของการทดลองในลักษณะที่ 2</u> (หา Emitter Location จาก Measured Bearing Angles ก่อน)

นำค่า B(n) ที่ได้จากโปรแกรม INPUT ซึ่ง data จะอยู่ในรูปของ $B(n) = [\, b1(n)\ b2(n) \ldots bL(n) \,]^T$ ซึ่งเป็น Measured Bearing Angle Vector ผ่านเข้าขบวนการ Location Estimation ด้วยวิธี Simple Average, Least Square, Standfield หรือ Torrieri วิธีใดวิธีหนึ่ง แล้วผ่าน Optimum Location Estimation ด้วยวิธี Maximum Likelihood หรือ Kalman Filter ได้ output ออกมาเป็น Optimal location estimate

จากรูปแบบการทดลองดังกล่าว สามารถนำมาเขียน Flow chart ได้ดังต่อไปนี้

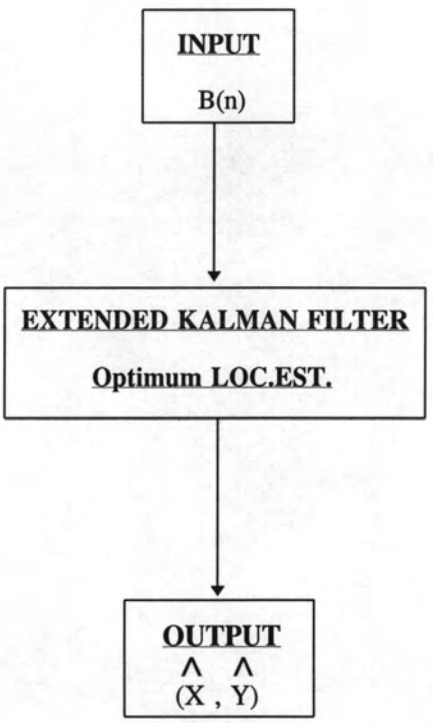


รูปที่ 3.3 แสดงรูปแบบของการทดลองของลักษณะที่ 2

3. รูปแบบของการทดลองในลักษณะที่ 3 (อัลกอริทึมของ EKF ที่นำเสนอ)

นำค่า B(n) ที่ได้จากโปรแกรม INPUT ซึ่ง data จะอยู่ในรูปของ B(n) = [b1(n) b2(n). . . . . bL(n)]^{T} ซึ่งเป็น Measured Bearing Angle Vector ผ่านเข้าขบวนการ Extended Kalman Filter ซึ่งทำหน้าที่เป็น Optimum Location Estimatorได้ output ออกมาเป็น Optimal location estimate

จากรูปแบบการทดลองดังกล่าว สามารถนำมาเขียน Flow chart ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 แสดงรูปแบบของการทดลองของลักษณะที่ 3

การหาค่า Initial covariance matrix ของ state variable (P(0/0))

ในวิธีการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยใช้ Extended Kalman Filter นั้นขึ้นอยู่กับค่า initial covariance matrix ของ state variable (P(0/0)) ก่อนซึ่งหาได้ดังนี้

$$P(0/0) = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & 0 \\ 0 & \sigma_y^2 \end{bmatrix} * I$$

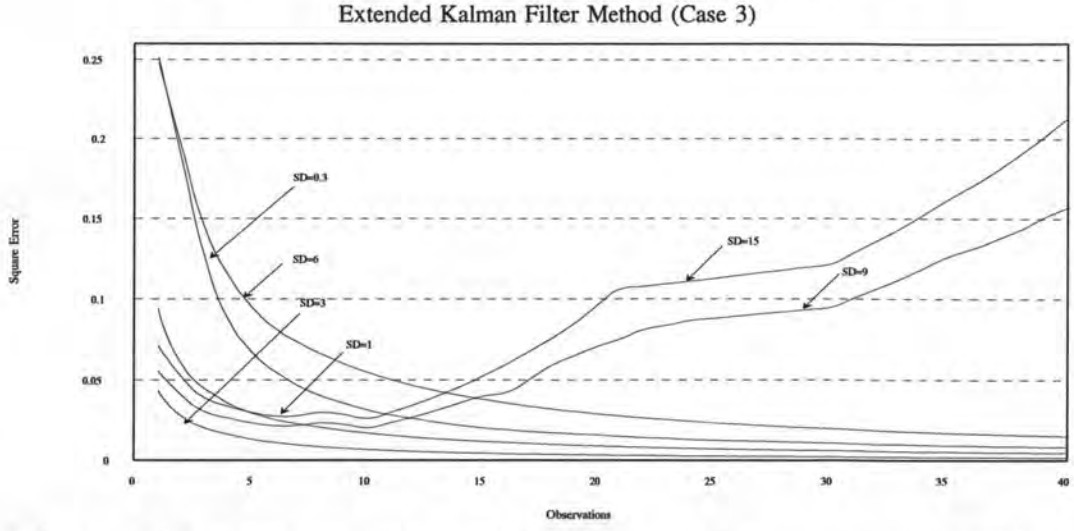
ขณะที่ σ_x และ σ_y เป็น standard deviations ของความคลาดเคลื่อนบนแกน X และ Y

โดยทั่วไป ค่า σ_η ที่นิยมใช้ ในการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ คือ

$$\sigma_\eta = 0.02 \text{ radian}$$
$$= 1 \text{ องศา}$$

ในการหาค่า P(0/0) ที่เหมาะสม ทดลองใช้ค่า σ_η ที่ต่างกัน คือ 0.3, 1, 3, 6, 9, 15 กับการ Simulate ทุก ๆ Case ได้ผลว่าในการใช้ Case 3 ในการทดลอง ค่า Mean Square Error จะไวต่อการเปลี่ยนค่า σ_η มากกว่า Case อื่น ๆ ดังนั้นอาจจะกำหนดเป็นกฎได้ว่า ในการหา P(0/0) จะต้องใช้ Case 3 ในการทดลองเพื่อหาค่า σ_η ที่เหมาะสม

จากการทดลองซึ่งสรุปไว้ในรูปที่ 3.5 และตารางที่ 3.2 ได้ผลว่า ถ้าค่า initial covariance matrix ของ P(0/0) มีค่ามาก (σ_η = 9 ,15) Mean Square Error ของ EKF จะ diverge ถ้าค่า initial covariance matrix ของ P(0/0) มีค่าน้อยลงมา (σ_η = 0.3, 1, 3, 6) Mean Square Error ของ EKF จะ converge ส่วนค่าที่เหมาะสมที่สุด คือ σ_η = 3 หรือประมาณ (9 * noise variance * I) ดังแสดงผลการทดลองไว้ในรูปที่ 3.5 และตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.5 แสดงค่า Standard Deviation (SD) ที่ใช้หาค่าของ initial covariance matrix สำหรับวิธีของ Extended Kalman Filter ใน Case 3

ตารางที่ 3.2 แสดงค่า Standard Deviation (SD) ที่ใช้หาค่าของ initial covariance matrix สำหรับวิธีของ Extended Kalman Filter ใน Case 3

Obsv	SD=0.3	SD=1	SD=3	SD=6	SD=9	SD=15	Obsv	SD=0.3	SD=1	SD=3	SD=6	SD=9	SD=15
1	0.2514	0.0943	0.0436	0.2479	0.0556	0.0712	21	0.0148	0.0085	0.0032	0.0276	0.0754	0.1063
2	0.1874	0.0601	0.0275	0.1947	0.0408	0.0523	22	0.0141	0.0081	0.0031	0.0264	0.0812	0.1079
3	0.1260	0.0445	0.0202	0.1441	0.0304	0.0389	23	0.0137	0.0078	0.0030	0.0253	0.0837	0.1095
4	0.0874	0.0354	0.0162	0.1147	0.0262	0.0336	24	0.0129	0.0075	0.0028	0.0243	0.0868	0.1112
5	0.0676	0.0295	0.0132	0.0956	0.0234	0.0300	25	0.0126	0.0072	0.0027	0.0234	0.0881	0.1128
6	0.0553	0.0254	0.0111	0.0822	0.0214	0.0275	26	0.0122	0.0069	0.0026	0.0225	0.0894	0.1145
7	0.0466	0.0226	0.0096	0.0734	0.0217	0.0278	27	0.0118	0.0067	0.0025	0.0217	0.0908	0.1162
8	0.0401	0.0204	0.0084	0.0662	0.0232	0.0298	28	0.0114	0.0064	0.0025	0.0210	0.0921	0.1180
9	0.0355	0.0185	0.0075	0.0600	0.0222	0.0285	29	0.0110	0.0062	0.0024	0.0203	0.0935	0.1198
10	0.0313	0.0169	0.0068	0.0548	0.0204	0.0262	30	0.0106	0.0060	0.0023	0.0197	0.0949	0.1215
11	0.0282	0.0155	0.0061	0.0502	0.0234	0.0301	31	0.0103	0.0059	0.0022	0.0191	0.1004	0.1286
12	0.0259	0.0143	0.0056	0.0464	0.0270	0.0346	32	0.0099	0.0057	0.0021	0.0185	0.1062	0.1360
13	0.0236	0.0133	0.0052	0.0432	0.0310	0.0398	33	0.0097	0.0055	0.0021	0.0180	0.1123	0.1439
14	0.0217	0.0125	0.0048	0.0405	0.0357	0.0457	34	0.0095	0.0054	0.0020	0.0175	0.1188	0.1522
15	0.0202	0.0117	0.0045	0.0380	0.0399	0.0526	35	0.0093	0.0052	0.0020	0.0170	0.1257	0.1610
16	0.0191	0.0110	0.0042	0.0358	0.0421	0.0594	36	0.0091	0.0051	0.0019	0.0166	0.1311	0.1703
17	0.0179	0.0104	0.0040	0.0338	0.0497	0.0671	37	0.0089	0.0050	0.0019	0.0162	0.1371	0.1801
18	0.0171	0.0098	0.0038	0.0319	0.0592	0.0759	38	0.0087	0.0048	0.0018	0.0158	0.1432	0.1905
19	0.0164	0.0093	0.0036	0.0303	0.0654	0.0858	39	0.0085	0.0047	0.0018	0.0154	0.1507	0.2016
20	0.0156	0.0088	0.0034	0.0288	0.0711	0.0969	40	0.0084	0.0046	0.0017	0.0150	0.1570	0.2132

การแสดงผลการทดลองในรูปกราฟ และตาราง

ในการทดลอง ด้วยการจำลองบนคอมพิวเตอร์ นั้นเป็นการเขียนโปรแกรม ขึ้นมาทดลอง โดยแยกโปรแกรมออกเป็นแต่ละกรณี ซึ่งในกรณีเดียวกันนั้น ต้องเปรียบเทียบอัลกอริทึมของแต่ละวิธีนั้น ต้องใช้สัญญาณรบกวน ที่สร้างขึ้นมาครั้งเดียวกัน เนื่องจากการ สร้างสัญญาณรบกวน เป็นรูป การสุ่ม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับการทดลองในครั้งนี้

ในการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองนั้น แสดงในรูป Mean Square Error บนแกน X และ Y ของ 100 Monte Carlo Runs โดยใช้การวัดจำนวน 40 ครั้ง โดยอ้างอิงจาก จุดประสงค์ ในการศึกษาเปรียบเทียบ อัลกอริทึมของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ตามที่ได้กำหนดรูปแบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบไว้ และ เนื่องจากค่าของผลการทดลองที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ต่างกันในรูปจุดทศนิยม โดยได้แสดงในรูปกราฟ และ ตารางแสดงค่าเป็นตัวเลขไว้ในหน้าเดียวกัน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้ได้อย่างชัดเจน ไม่สับสน ในการดูกราฟ ซึ่งในแต่ละรูปที่แสดงในแต่ละหน้านั้น ได้แบ่งไว้เป็นแต่ละ Case และแบ่งย่อยออกเป็น Group ดังนี้

1. Mean Square Error ของ Case1-2 Group1 บนแกน X และ Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

2. Mean Square Error ของ Case1-2 Group2 บนแกน X และ Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

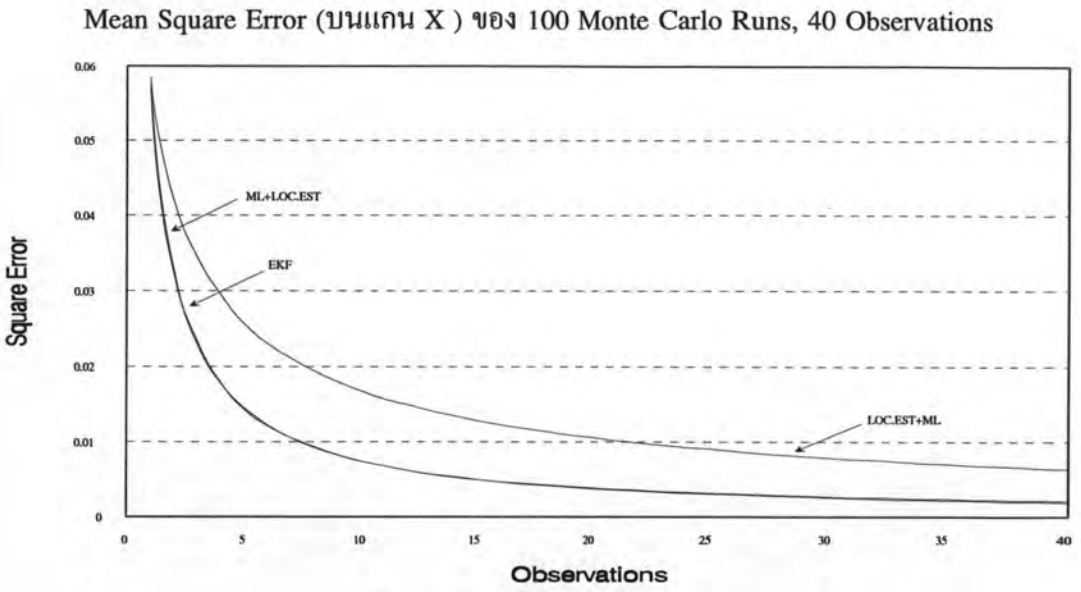
3. Mean Square Error ของ Case3-6 Group1 บนแกน X และ Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

4. Mean Square Error ของ Case3-6 Group2 บนแกน X และ Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

5. Mean Square Error ของ Case3-6 Group3 บนแกน X และ Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

6. Mean Square Error ของ Case3-6 Group4 บนแกน X และ Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้ อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

ผลการทดลองที่ได้จากการจำลองบนคอมพิวเตอร์มีดังต่อไปนี้

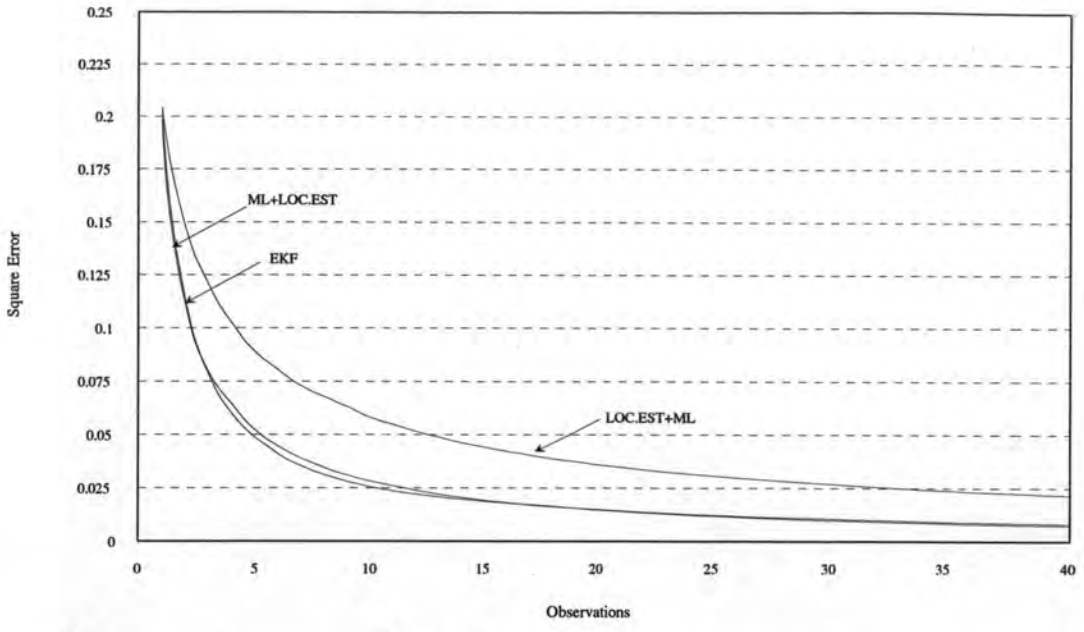


รูปที่ 3.6 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case1 Group1 บนแกน X

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case1 Group1 บนแกน X

Obsv	EKF	ML+LOC.EST	LOC.EST+ML	Obsv	EKF	ML+LOC.EST	LOC.EST+ML
1	0.0585	0.0582	0.0582	21	0.0037	0.0036	0.0102
2	0.0330	0.0324	0.0421	22	0.0036	0.0035	0.0099
3	0.0229	0.0233	0.0344	23	0.0034	0.0033	0.0096
4	0.0177	0.0178	0.0294	24	0.0033	0.0032	0.0093
5	0.0145	0.0143	0.0256	25	0.0032	0.0031	0.0091
6	0.0122	0.0121	0.0230	26	0.0031	0.0030	0.0088
7	0.0105	0.0105	0.0210	27	0.0030	0.0029	0.0085
8	0.0093	0.0092	0.0193	28	0.0029	0.0028	0.0083
9	0.0082	0.0082	0.0179	29	0.0028	0.0027	0.0081
10	0.0074	0.0074	0.0167	30	0.0027	0.0026	0.0079
11	0.0068	0.0068	0.0156	31	0.0026	0.0025	0.0077
12	0.0062	0.0062	0.0149	32	0.0026	0.0024	0.0076
13	0.0057	0.0057	0.0141	33	0.0025	0.0023	0.0074
14	0.0053	0.0054	0.0135	34	0.0024	0.0023	0.0072
15	0.0050	0.0050	0.0128	35	0.0024	0.0022	0.0071
16	0.0047	0.0047	0.0123	36	0.0023	0.0022	0.0069
17	0.0045	0.0044	0.0118	37	0.0023	0.0021	0.0068
18	0.0043	0.0042	0.0114	38	0.0022	0.0020	0.0067
19	0.0041	0.0040	0.0109	39	0.0022	0.0020	0.0065
20	0.0039	0.0038	0.0106	40	0.0021	0.0019	0.0064

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.7 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case1 Group1 บนแกน Y

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case1 Group1 บนแกน Y

Obsv	EKF	ML+LOC.EST	LOC.EST+ML	Obsv	EKF	ML+LOC.EST	LOC.EST+ML
1	0.1981	0.2043	0.2043	21	0.0141	0.0143	0.0348
2	0.1116	0.1139	0.1480	22	0.0135	0.0137	0.0337
3	0.0794	0.0783	0.1204	23	0.0129	0.0132	0.0326
4	0.064	0.0596	0.1020	24	0.0124	0.0127	0.0316
5	0.0519	0.0484	0.0886	25	0.0119	0.0123	0.0307
6	0.0443	0.0406	0.0801	26	0.0115	0.0119	0.0298
7	0.0387	0.0351	0.0725	27	0.011	0.0115	0.0290
8	0.0343	0.0311	0.0675	28	0.0106	0.0112	0.0283
9	0.0309	0.0279	0.0629	29	0.0103	0.0109	0.0276
10	0.0282	0.0255	0.0579	30	0.0099	0.0106	0.0269
11	0.0259	0.0235	0.0546	31	0.0096	0.0103	0.0262
12	0.0238	0.0221	0.0514	32	0.0093	0.0100	0.0256
13	0.0221	0.0208	0.0488	33	0.0090	0.0097	0.0250
14	0.0206	0.0198	0.0463	34	0.0088	0.0095	0.0244
15	0.0192	0.0188	0.0442	35	0.0085	0.0092	0.0239
16	0.0181	0.0179	0.0422	36	0.0083	0.0090	0.0234
17	0.0171	0.0172	0.0405	37	0.0081	0.0088	0.0230
18	0.0163	0.0164	0.0388	38	0.0078	0.0086	0.0225
19	0.0155	0.0156	0.0374	39	0.0076	0.0084	0.0220
20	0.0148	0.0149	0.0360	40	0.0075	0.0083	0.0216

ผลการทดลองของ Case 1 Group 1

1. ผลการทดลองของ Case 1 Group1 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 1 Group1 บนแกน X คือ การเปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

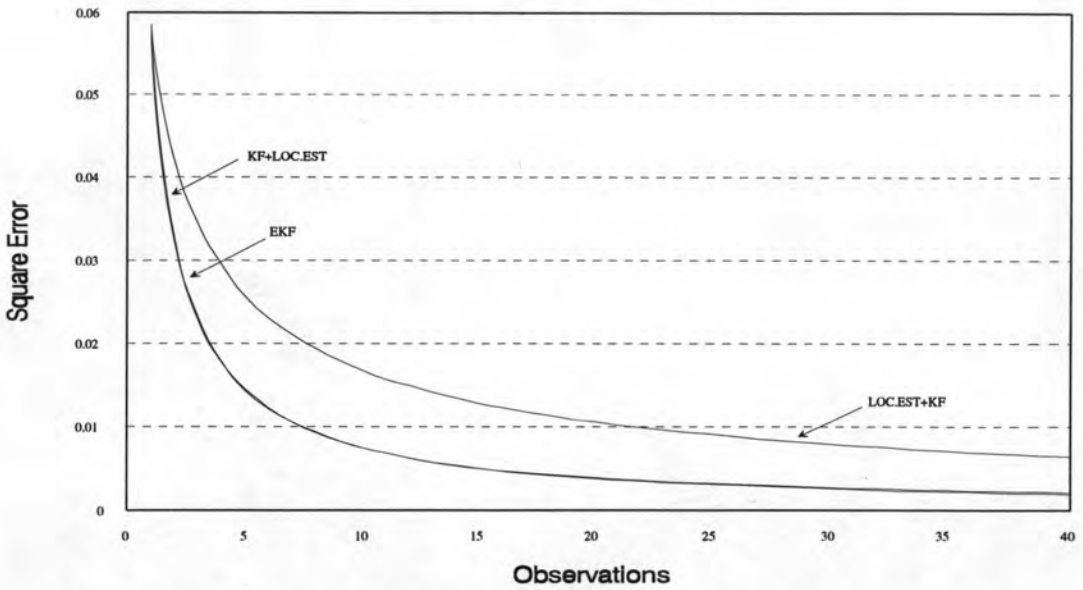
- การประมวลผลของ **Extended Kalman Filter (EKF)** นั้นให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกับ **Maximum likelihood estimation (ML) + LOC.EST.** ส่วน การประมวลผลของ **LOC.EST. + Maximum likelihood estimation (ML)** นั้นให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 1 Group1 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 1 Group1 บนแกน Y คือ การเปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- การประมวลผลของ **Extended Kalman Filter (EKF)** นั้นให้ผลความแม่นยำดีกว่า **Maximum likelihood estimation (ML) + LOC.EST.** อยู่น้อยมาก ส่วน การประมวลผลของ **LOC.EST. + Maximum likelihood estimation (ML)** นั้นให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

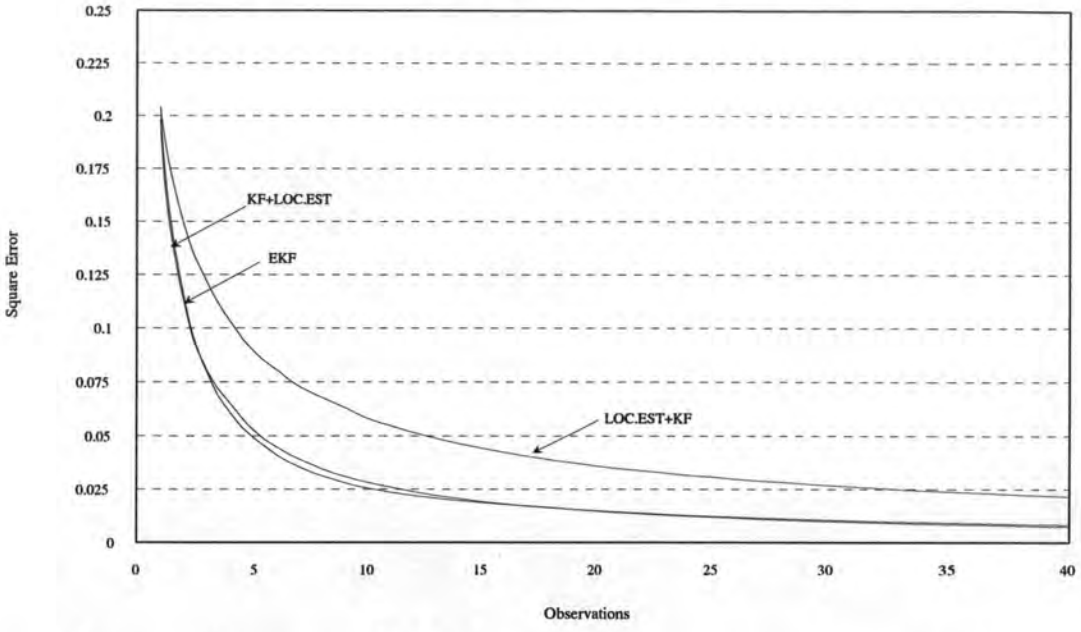


รูปที่ 3.8 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case1 Group2 บนแกน X

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case1 Group2 บนแกน X

Obsv	EKF	KF+LOC.EST	LOC.EST+KF	Obsv	EKF	KF+LOC.EST	LOC.EST+KF
1	0.0585	0.0582	0.0582	21	0.0037	0.0036	0.0102
2	0.0330	0.0324	0.0421	22	0.0036	0.0035	0.0099
3	0.0229	0.0233	0.0344	23	0.0034	0.0033	0.0096
4	0.0177	0.0178	0.0294	24	0.0033	0.0032	0.0093
5	0.0145	0.0143	0.0256	25	0.0032	0.0031	0.0091
6	0.0122	0.0121	0.0230	26	0.0031	0.0030	0.0088
7	0.0105	0.0105	0.021	27	0.0030	0.0029	0.0085
8	0.0093	0.0092	0.0193	28	0.0029	0.0028	0.0083
9	0.0082	0.0082	0.0179	29	0.0028	0.0027	0.0081
10	0.0074	0.0074	0.0167	30	0.0027	0.0026	0.0079
11	0.0068	0.0068	0.0156	31	0.0026	0.0025	0.0077
12	0.0062	0.0062	0.0149	32	0.0026	0.0024	0.0076
13	0.0057	0.0057	0.0141	33	0.0025	0.0023	0.0074
14	0.0053	0.0054	0.0135	34	0.0024	0.0023	0.0072
15	0.0050	0.0050	0.0128	35	0.0024	0.0022	0.0071
16	0.0047	0.0047	0.0123	36	0.0023	0.0022	0.0069
17	0.0045	0.0044	0.0118	37	0.0023	0.0021	0.0068
18	0.0043	0.0042	0.0114	38	0.0022	0.0020	0.0067
19	0.0041	0.004	0.0109	39	0.0022	0.0020	0.0065
20	0.0039	0.0038	0.0106	40	0.0021	0.0019	0.0064

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.9 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case1 Group2 บนแกน Y

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case1 Group2 บนแกน Y

Obsv	EKF	KF+LOC.EST	LOC.EST+KF	Obsv	EKF	KF+LOC.EST	LOC.EST+KF
1	0.1981	0.2043	0.2043	21	0.0141	0.0143	0.0348
2	0.1116	0.1139	0.1480	22	0.0135	0.0137	0.0337
3	0.0794	0.0783	0.1204	23	0.0129	0.0132	0.0326
4	0.0640	0.0596	0.1020	24	0.0124	0.0127	0.0316
5	0.0519	0.0484	0.0886	25	0.0119	0.0123	0.0307
6	0.0443	0.0406	0.0801	26	0.0115	0.0119	0.0298
7	0.0387	0.0351	0.0725	27	0.011	0.0115	0.0290
8	0.0343	0.0311	0.0675	28	0.0106	0.0112	0.0283
9	0.0309	0.0279	0.0629	29	0.0103	0.0109	0.0276
10	0.0282	0.0255	0.0579	30	0.0099	0.0106	0.0269
11	0.0259	0.0235	0.0546	31	0.0096	0.0103	0.0262
12	0.0238	0.0221	0.0514	32	0.0093	0.0100	0.0256
13	0.0221	0.0208	0.0488	33	0.0090	0.0097	0.0250
14	0.0206	0.0198	0.0463	34	0.0088	0.0095	0.0244
15	0.0192	0.0188	0.0442	35	0.0085	0.0092	0.0239
16	0.0181	0.0179	0.0422	36	0.0083	0.0090	0.0234
17	0.0171	0.0172	0.0405	37	0.0081	0.0088	0.023
18	0.0163	0.0164	0.0388	38	0.0078	0.0086	0.0225
19	0.0155	0.0156	0.0374	39	0.0076	0.0084	0.0220
20	0.0148	0.0149	0.0360	40	0.0075	0.0083	0.0216

ผลการทดลองของ Case 1 Group 2

1. ผลการทดลองของ Case 1 Group2 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 1 Group2 บนแกน X คือ การเปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

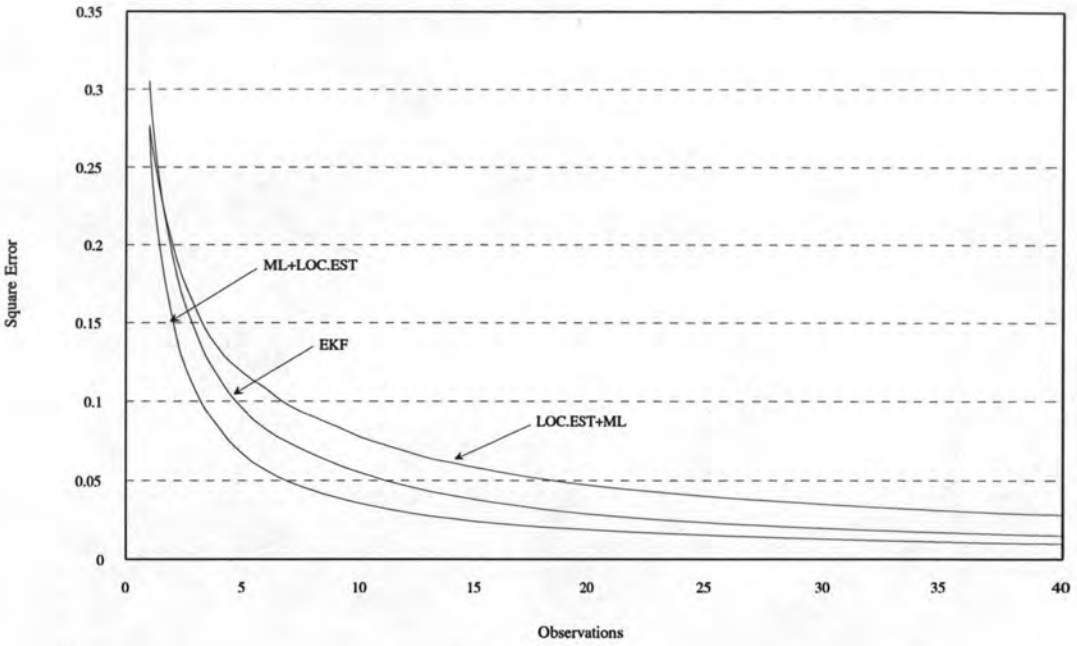
- การประมวลผลของ **Extended Kalman Filter (EKF)** นั้นให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกับ **Standard Kalman Filtering (KF) + LOC.EST.** ส่วน การประมวลผลของ **LOC.EST. + Standard Kalman Filtering (KF)** นั้นให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 1 Group 2 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 1 Group 2 บนแกน Y คือ การเปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- การประมวลผลของ **Extended Kalman Filter (EKF)** นั้นให้ผลความแม่นยำดีกว่า **Standard Kalman Filtering (KF) + LOC.EST.** แต่ต่างกันน้อยมาก ส่วน การประมวลผลของ **LOC.EST. + Standard Kalman Filtering (KF)** นั้นให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

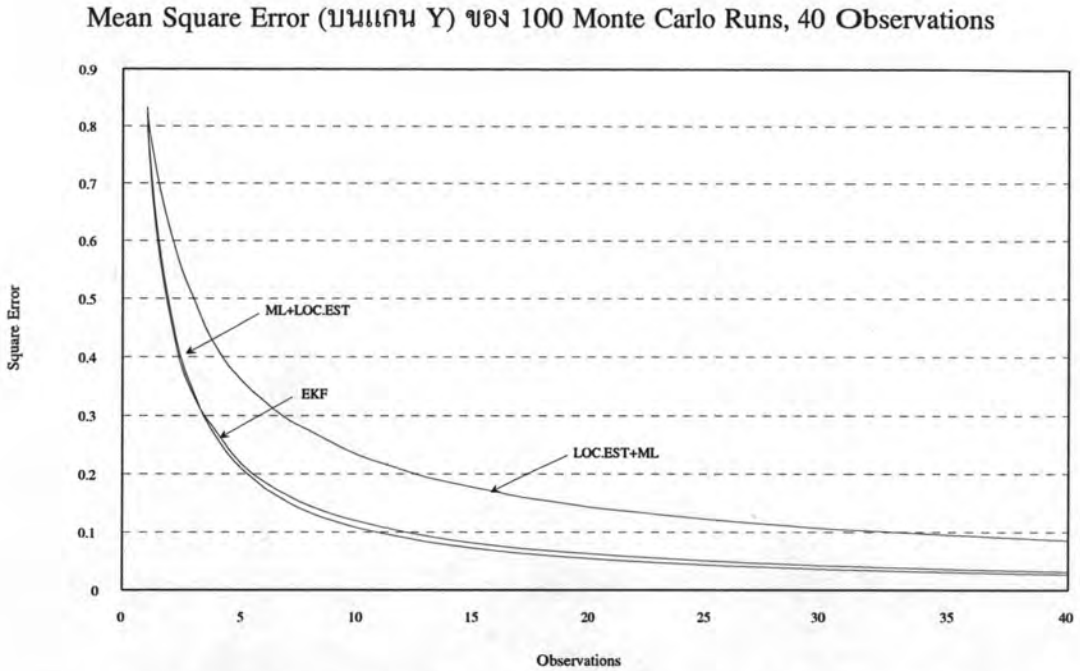
Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.10 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case2 Group1 บนแกน X

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case2 Group1 บนแกน X

Obsv	EKF	ML+LOC.EST	LOC.EST+ML	Obsv	EKF	ML+LOC.EST	LOC.EST+ML
1	0.3053	0.2770	0.2770	21	0.0276	0.0181	0.0455
2	0.1947	0.1542	0.2015	22	0.0264	0.0173	0.0440
3	0.1441	0.1067	0.1593	23	0.0253	0.0166	0.0427
4	0.1147	0.0832	0.1331	24	0.0243	0.0160	0.0414
5	0.0956	0.0671	0.1185	25	0.0234	0.0154	0.0401
6	0.0822	0.0565	0.1079	26	0.0225	0.0148	0.0389
7	0.0734	0.0490	0.0969	27	0.0217	0.0143	0.0378
8	0.0662	0.0435	0.0900	28	0.0210	0.0138	0.0369
9	0.0600	0.0392	0.0839	29	0.0203	0.0133	0.0359
10	0.0548	0.0356	0.0774	30	0.0197	0.0129	0.0349
11	0.0502	0.0324	0.0726	31	0.0191	0.0125	0.0341
12	0.0464	0.0298	0.0681	32	0.0185	0.0121	0.0332
13	0.0432	0.0276	0.0640	33	0.0180	0.0117	0.0325
14	0.0405	0.0258	0.0612	34	0.0175	0.0114	0.0318
15	0.0380	0.0241	0.0582	35	0.0170	0.0111	0.0311
16	0.0358	0.0228	0.0556	36	0.0166	0.0108	0.0304
17	0.0338	0.0216	0.0530	37	0.0162	0.0105	0.0298
18	0.0319	0.0206	0.0509	38	0.0158	0.0103	0.0292
19	0.0303	0.0197	0.0488	39	0.0154	0.0100	0.0286
20	0.0288	0.0189	0.0470	40	0.0150	0.0098	0.0281



รูปที่ 3.11 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case2 Group1 บนแกน Y

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case2 Group1 บนแกน Y

Obsv	EKF	ML+LOC.EST	LOC.EST+ML	Obsv	EKF	ML+LOC.EST	LOC.EST+ML
1	0.8332	0.8224	0.8224	21	0.052	0.0601	0.1385
2	0.4727	0.4613	0.6112	22	0.0496	0.0575	0.1342
3	0.3344	0.3294	0.4942	23	0.0475	0.0551	0.1299
4	0.2567	0.2667	0.409	24	0.0455	0.0529	0.126
5	0.2085	0.2167	0.3595	25	0.0437	0.0508	0.1222
6	0.1748	0.1853	0.3235	26	0.042	0.0489	0.1189
7	0.1504	0.1623	0.2928	27	0.0405	0.0471	0.1154
8	0.1325	0.1438	0.2726	28	0.039	0.0455	0.1126
9	0.1188	0.1301	0.2521	29	0.0377	0.0439	0.1096
10	0.1075	0.1189	0.2332	30	0.0364	0.0425	0.1067
11	0.0983	0.1091	0.2188	31	0.0353	0.0411	0.1042
12	0.0905	0.1007	0.2058	32	0.0342	0.0398	0.1016
13	0.0837	0.0934	0.1942	33	0.0331	0.0386	0.0993
14	0.0777	0.0871	0.1857	34	0.0321	0.0375	0.0972
15	0.0726	0.0814	0.1765	35	0.0312	0.0364	0.0952
16	0.0681	0.0767	0.1693	36	0.0304	0.0354	0.0932
17	0.0641	0.0726	0.1614	37	0.0295	0.0345	0.0912
18	0.0606	0.0691	0.1549	38	0.0288	0.0336	0.0894
19	0.0574	0.0659	0.1487	39	0.028	0.0327	0.0876
20	0.0546	0.0629	0.143	40	0.0273	0.0319	0.0858

ผลการทดลองของ Case 2 Group 1

1. ผลการทดลองของ Case 2 Group 1 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 2 Group 1 บนแกน X คือ การเปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

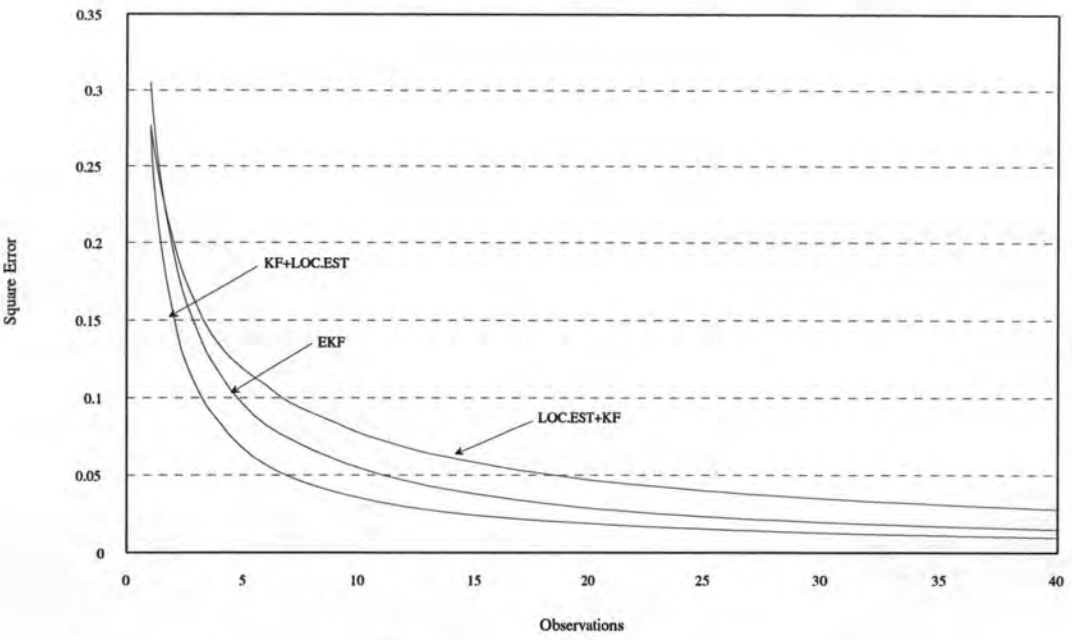
- การประมวลผลของ **Maximum likelihood estimation (ML) + LOC.EST.** นั้นให้ผลความแม่นยำมากกว่า การประมวลผลของ **Extended Kalman Filter (EKF)** อยู่เล็กน้อย ส่วน การประมวลผลของ **LOC.EST. + Maximum likelihood estimation (ML)** นั้นให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 2 Group1 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 2 Group1 บนแกน Y คือ การเปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- การประมวลผลของ **Extended Kalman Filter (EKF)** นั้นให้ผลความแม่นยำดีกว่า **Maximum likelihood estimation (ML) + LOC.EST.** ส่วน การประมวลผลของ **LOC.EST. + Maximum likelihood estimation (ML)** นั้นให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

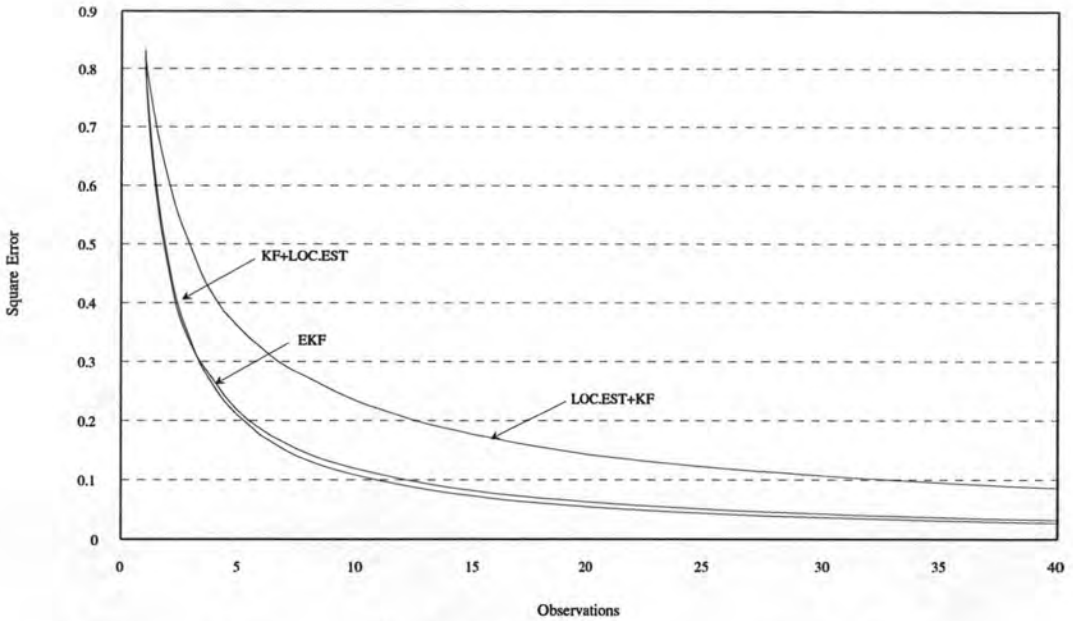


รูปที่ 3.12 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case2 Group2 บนแกน X

ตารางที่ 3.9 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case2 Group2 บนแกน X

Obsv	EKF	KF+LOC.EST	LOC.EST+KF	Obsv	EKF	KF+LOC.EST	LOC.EST+KF
1	0.3053	0.2770	0.2770	21	0.0276	0.0181	0.0455
2	0.1947	0.1542	0.2015	22	0.0264	0.0173	0.0440
3	0.1441	0.1067	0.1593	23	0.0253	0.0166	0.0427
4	0.1147	0.0832	0.1331	24	0.0243	0.0160	0.0414
5	0.0956	0.0671	0.1185	25	0.0234	0.0154	0.0401
6	0.0822	0.0565	0.1079	26	0.0225	0.0148	0.0389
7	0.0734	0.0490	0.0969	27	0.0217	0.0143	0.0378
8	0.0662	0.0435	0.0900	28	0.0210	0.0138	0.0369
9	0.0600	0.0392	0.0839	29	0.0203	0.0133	0.0359
10	0.0548	0.0356	0.0774	30	0.0197	0.0129	0.0349
11	0.0502	0.0324	0.0726	31	0.0191	0.0125	0.0341
12	0.0464	0.0298	0.0681	32	0.0185	0.0121	0.0332
13	0.0432	0.0276	0.0640	33	0.0180	0.0117	0.0325
14	0.0405	0.0258	0.0612	34	0.0175	0.0114	0.0318
15	0.0380	0.0241	0.0582	35	0.0170	0.0111	0.0311
16	0.0358	0.0228	0.0556	36	0.0166	0.0108	0.0304
17	0.0338	0.0216	0.053	37	0.0162	0.0105	0.0298
18	0.0319	0.0206	0.0509	38	0.0158	0.0103	0.0292
19	0.0303	0.0197	0.0488	39	0.0154	0.0100	0.0286
20	0.0288	0.0189	0.0470	40	0.0150	0.0098	0.0281

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.13 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case2 Group2 บนแกน Y

ตารางที่ 3.10 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case2 Group2 บนแกน Y

Obsv	EKF	KF+LOC.EST	LOC.EST+KF	Obsv	EKF	KF+LOC.EST	LOC.EST+KF
1	0.8332	0.8224	0.8224	21	0.0520	0.0601	0.1385
2	0.4727	0.4613	0.6112	22	0.0496	0.0575	0.1342
3	0.3344	0.3294	0.4942	23	0.0475	0.0551	0.1299
4	0.2567	0.2667	0.4090	24	0.0455	0.0529	0.126
5	0.2085	0.2167	0.3595	25	0.0437	0.0508	0.1222
6	0.1748	0.1853	0.3235	26	0.0420	0.0489	0.1189
7	0.1504	0.1623	0.2928	27	0.0405	0.0471	0.1154
8	0.1325	0.1438	0.2726	28	0.039	0.0455	0.1126
9	0.1188	0.1301	0.2521	29	0.0377	0.0439	0.1096
10	0.1075	0.1189	0.2332	30	0.0364	0.0425	0.1067
11	0.0983	0.1091	0.2188	31	0.0353	0.0411	0.1042
12	0.0905	0.1007	0.2058	32	0.0342	0.0398	0.1016
13	0.0837	0.0934	0.1942	33	0.0331	0.0386	0.0993
14	0.0777	0.0871	0.1857	34	0.0321	0.0375	0.0972
15	0.0726	0.0814	0.1765	35	0.0312	0.0364	0.0952
16	0.0681	0.0767	0.1693	36	0.0304	0.0354	0.0932
17	0.0641	0.0726	0.1614	37	0.0295	0.0345	0.0912
18	0.0606	0.0691	0.1549	38	0.0288	0.0336	0.0894
19	0.0574	0.0659	0.1487	39	0.0280	0.0327	0.0876
20	0.0546	0.0629	0.1430	40	0.0273	0.0319	0.0858

ผลการทดลองของ Case 2 Group 2

1. ผลการทดลองของ Case 2 Group 2 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 2 Group2 บนแกน X คือ การเปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

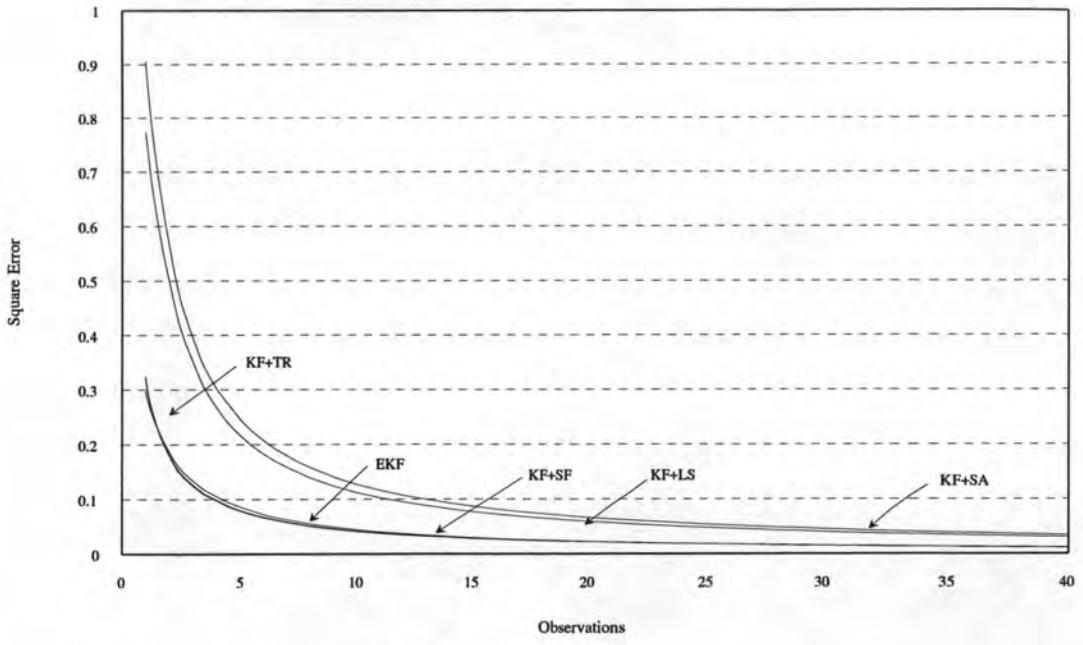
- การประมวลผลของ **Standard Kalman Filtering (KF) + LOC.EST.** นั้นให้ผลความแม่นยำมากกว่า การประมวลผลของ **Extended Kalman Filter (EKF)** อยู่เล็กน้อย ส่วน การประมวลผลของ **LOC.EST. + Standard Kalman Filtering (KF)** นั้นให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 2 Group 2 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 2 Group2 บนแกน Y คือ การเปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ใน ขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำ อัลกอริทึมที่ใช้ใน ขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- การประมวลผลของ **Extended Kalman Filter (EKF)** นั้นให้ผลความแม่นยำดีกว่า **Standard Kalman Filtering (KF) + LOC.EST.** อยู่น้อยมาก ส่วน การประมวลผลของ **LOC.EST. + Standard Kalman Filtering (KF)** นั้นให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

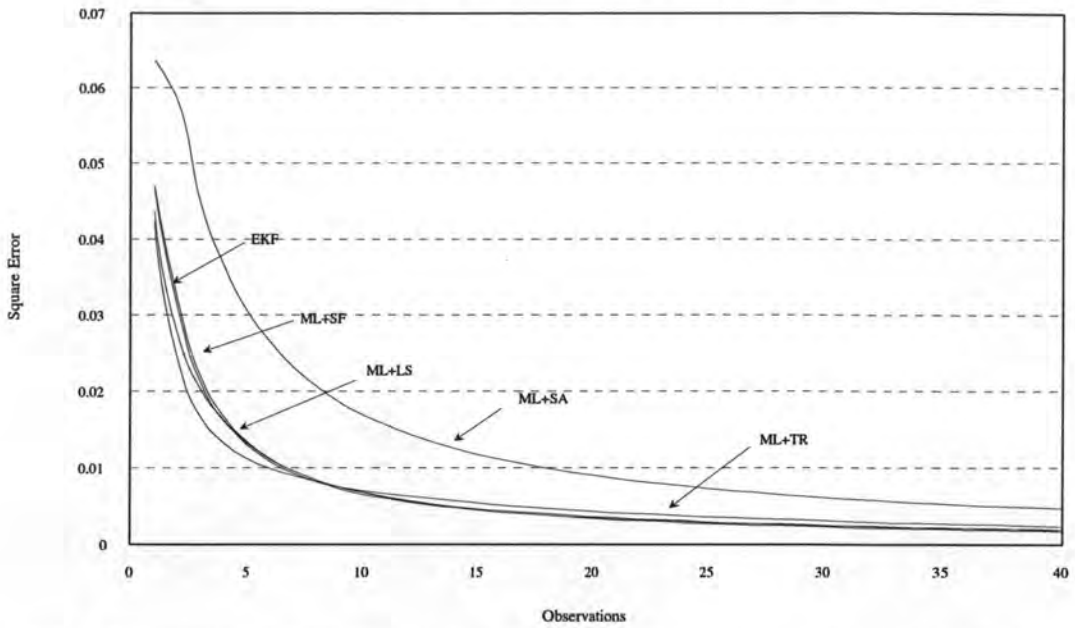


รูปที่ 3.25 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group2 บนแกน Y

ตารางที่ 3.22 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group2 บนแกน Y

Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR	Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR
1	0.2975	0.9056	0.7728	0.3250	0.3217	21	0.0216	0.0638	0.0567	0.0215	0.0213
2	0.1868	0.5633	0.4975	0.1821	0.1803	22	0.0207	0.0611	0.0543	0.0206	0.0204
3	0.1326	0.3906	0.3477	0.1250	0.1237	23	0.0199	0.0586	0.0521	0.0198	0.0196
4	0.1043	0.2987	0.2649	0.0975	0.0965	24	0.0191	0.0563	0.0500	0.0191	0.0189
5	0.0862	0.2444	0.2158	0.0797	0.0789	25	0.0184	0.0542	0.0482	0.0184	0.0182
6	0.0723	0.2072	0.1827	0.0679	0.0672	26	0.0177	0.0523	0.0465	0.0178	0.0176
7	0.0627	0.1796	0.1584	0.0590	0.0584	27	0.0171	0.0505	0.0449	0.0172	0.0170
8	0.0552	0.1574	0.1389	0.0517	0.0512	28	0.0165	0.0488	0.0434	0.0166	0.0164
9	0.0493	0.1402	0.1239	0.0463	0.0458	29	0.0158	0.0473	0.0420	0.0161	0.016
10	0.0446	0.1269	0.1123	0.0421	0.0417	30	0.0153	0.0458	0.0407	0.0156	0.0154
11	0.0406	0.1160	0.1028	0.0386	0.0382	31	0.0148	0.0444	0.0394	0.0152	0.0150
12	0.0372	0.1069	0.0947	0.0356	0.0352	32	0.0144	0.043	0.0382	0.0147	0.0146
13	0.0344	0.0994	0.0882	0.0331	0.0328	33	0.014	0.0418	0.0371	0.0143	0.0142
14	0.032	0.0928	0.0824	0.0310	0.0307	34	0.0136	0.0406	0.0361	0.0139	0.0138
15	0.0299	0.0871	0.0773	0.0291	0.0288	35	0.0132	0.0395	0.0351	0.0135	0.0134
16	0.0281	0.0818	0.0727	0.0274	0.0271	36	0.0128	0.0384	0.0341	0.0131	0.013
17	0.0264	0.0774	0.0688	0.0260	0.0258	37	0.0125	0.0374	0.0332	0.0128	0.0127
18	0.025	0.0735	0.0652	0.0247	0.0245	38	0.0122	0.0364	0.0323	0.0125	0.0124
19	0.0238	0.0699	0.0621	0.0235	0.0233	39	0.0119	0.0355	0.0315	0.0122	0.0121
20	0.0226	0.0667	0.0593	0.0225	0.0223	40	0.0116	0.0346	0.0308	0.0119	0.0118

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

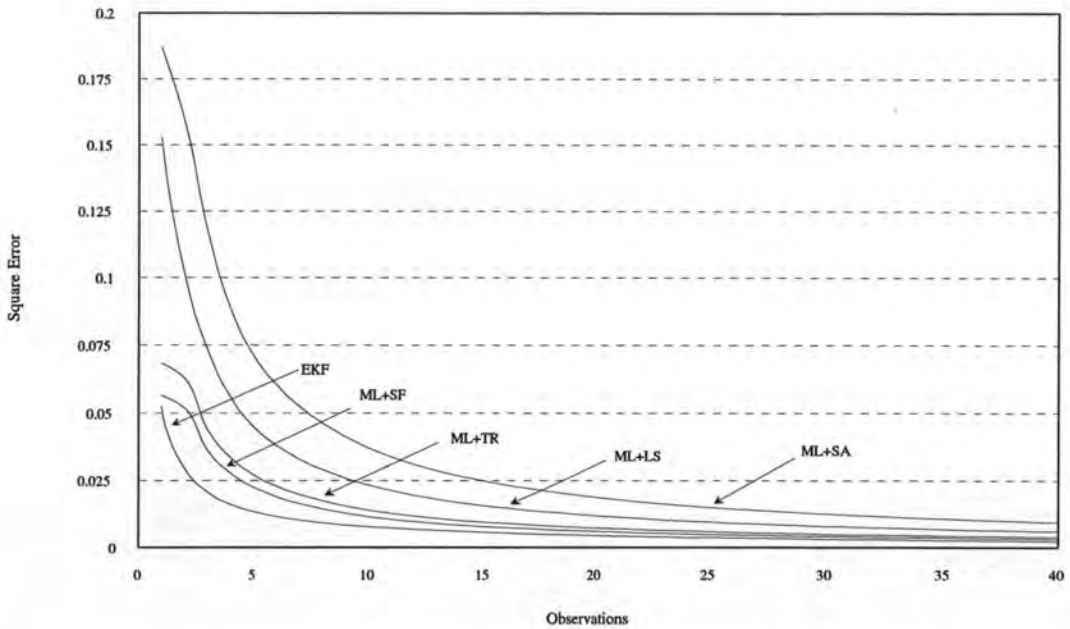


รูปที่ 3.14 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group1 บนแกน X

ตารางที่ 3.11 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group1 บนแกน X

Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR	Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR
1	0.0436	0.0637	0.0467	0.0470	0.0422	21	0.0032	0.0086	0.0033	0.0035	0.0041
2	0.0275	0.0582	0.0310	0.0321	0.0243	22	0.0031	0.0082	0.0032	0.0033	0.0040
3	0.0202	0.0446	0.0211	0.0219	0.0166	23	0.0030	0.0079	0.0031	0.0032	0.0039
4	0.0162	0.0364	0.016	0.0166	0.0132	24	0.0028	0.0076	0.0030	0.0031	0.0037
5	0.0132	0.0305	0.0129	0.0134	0.0112	25	0.0027	0.0073	0.0028	0.0029	0.0036
6	0.0111	0.0265	0.0108	0.0112	0.0099	26	0.0026	0.0070	0.0027	0.0028	0.0035
7	0.0096	0.0232	0.0093	0.0096	0.0090	27	0.0025	0.0068	0.0027	0.0027	0.0034
8	0.0084	0.0207	0.0082	0.0084	0.0082	28	0.0025	0.0065	0.0026	0.0027	0.0033
9	0.0075	0.0186	0.0073	0.0075	0.0075	29	0.0024	0.0063	0.0025	0.0026	0.0032
10	0.0068	0.0169	0.0065	0.0068	0.0070	30	0.0023	0.0061	0.0024	0.0025	0.0031
11	0.0061	0.0156	0.0060	0.0062	0.0066	31	0.0022	0.0059	0.0024	0.0024	0.003
12	0.0056	0.0144	0.0055	0.0057	0.0063	32	0.0021	0.0058	0.0023	0.0024	0.0029
13	0.0052	0.0134	0.0051	0.0053	0.0060	33	0.0021	0.0056	0.0022	0.0023	0.0028
14	0.0048	0.0125	0.0048	0.0049	0.0057	34	0.0020	0.0054	0.0022	0.0022	0.0028
15	0.0045	0.0117	0.0045	0.0046	0.0054	35	0.0020	0.0053	0.0021	0.0022	0.0027
16	0.0042	0.0111	0.0042	0.0044	0.0051	36	0.0019	0.0051	0.0021	0.0021	0.0026
17	0.0040	0.0105	0.0040	0.0042	0.0049	37	0.0019	0.0050	0.0020	0.0021	0.0026
18	0.0038	0.0099	0.0038	0.004	0.0047	38	0.0018	0.0049	0.0020	0.0020	0.0025
19	0.0036	0.0094	0.0036	0.0038	0.0045	39	0.0018	0.0048	0.0019	0.0020	0.0024
20	0.0034	0.0090	0.0035	0.0036	0.0043	40	0.0017	0.0047	0.0019	0.0019	0.0023

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.15 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group1 บนแกน Y

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group1 บนแกน Y

Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR	Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR
1	0.0525	0.1871	0.1529	0.0566	0.0685	21	0.0043	0.0178	0.0113	0.0058	0.0070
2	0.0296	0.1592	0.1014	0.0520	0.063	22	0.0041	0.0170	0.0108	0.0055	0.0067
3	0.0207	0.1171	0.0733	0.0363	0.0439	23	0.0040	0.0163	0.0103	0.0053	0.0064
4	0.0161	0.0885	0.0559	0.0277	0.0335	24	0.0038	0.0156	0.0099	0.0051	0.0062
5	0.0134	0.0715	0.0451	0.0225	0.0272	25	0.0037	0.015	0.0095	0.0049	0.0059
6	0.0116	0.0606	0.0381	0.0189	0.0229	26	0.0036	0.0144	0.0091	0.0047	0.0057
7	0.0103	0.0525	0.0329	0.0164	0.0198	27	0.0035	0.0139	0.0088	0.0046	0.0055
8	0.0092	0.0463	0.0290	0.0144	0.0174	28	0.0034	0.0134	0.0085	0.0044	0.0053
9	0.0084	0.0412	0.0258	0.0128	0.0155	29	0.0033	0.0129	0.0082	0.0043	0.0052
10	0.0077	0.0371	0.0233	0.0115	0.0139	30	0.0032	0.0125	0.0079	0.0042	0.0050
11	0.0072	0.0337	0.0212	0.0105	0.0127	31	0.0031	0.0121	0.0077	0.004	0.0048
12	0.0068	0.031	0.0194	0.0097	0.0117	32	0.003	0.0117	0.0074	0.0039	0.0047
13	0.0064	0.0286	0.018	0.0089	0.0108	33	0.0029	0.0113	0.0072	0.0038	0.0046
14	0.0060	0.0266	0.0167	0.0083	0.0100	34	0.0028	0.0110	0.0070	0.0037	0.0045
15	0.0057	0.0248	0.0156	0.0078	0.0094	35	0.0027	0.0107	0.0068	0.0036	0.0044
16	0.0054	0.0233	0.0147	0.0074	0.009	36	0.0027	0.0104	0.0066	0.0035	0.0043
17	0.0051	0.0219	0.0138	0.007	0.0085	37	0.0026	0.0101	0.0064	0.0034	0.0042
18	0.0049	0.0207	0.0131	0.0066	0.008	38	0.0025	0.0099	0.0063	0.0034	0.0041
19	0.0047	0.0197	0.0124	0.0063	0.0076	39	0.0024	0.0096	0.0061	0.0033	0.0040
20	0.0045	0.0187	0.0118	0.0060	0.0073	40	0.0023	0.0094	0.0060	0.0032	0.0039

ผลการทดลองของ Case 3 Group 1

1. ผลการทดลองของ Case 3 Group 1 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 3 Group 1 บนแกน X คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

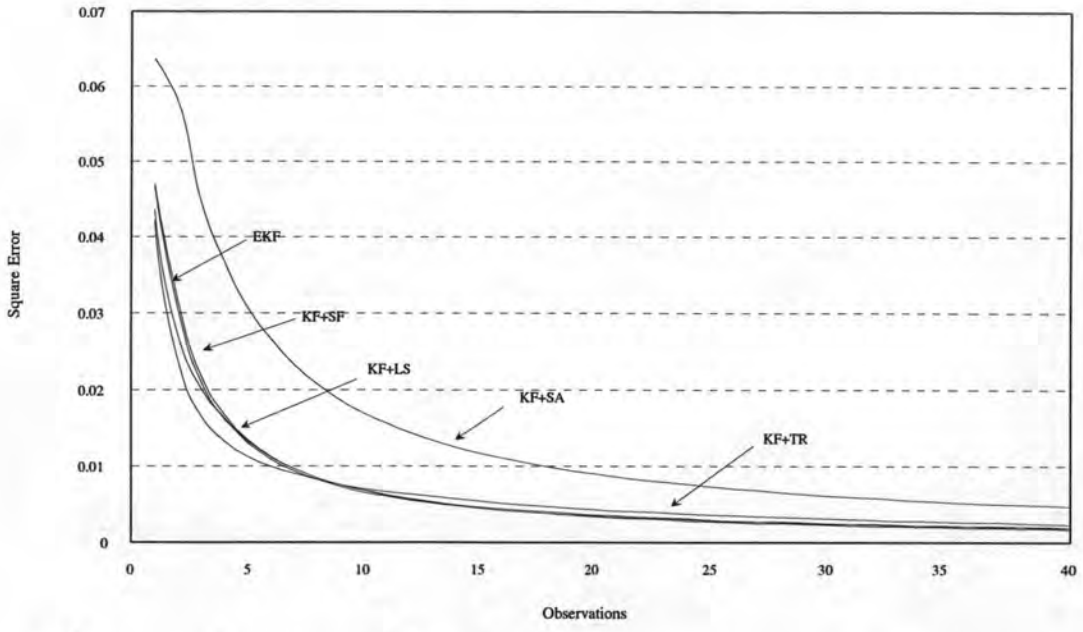
- **Extended Kalman Filter (EKF)** , **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน แต่ **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 3 Group 1 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 3 Group 1 บนแกน Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด , รองลงมาคือ **Stansfield (SF), Torrieri (TR)** และ **Least Square (LS)** ตามลำดับ ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

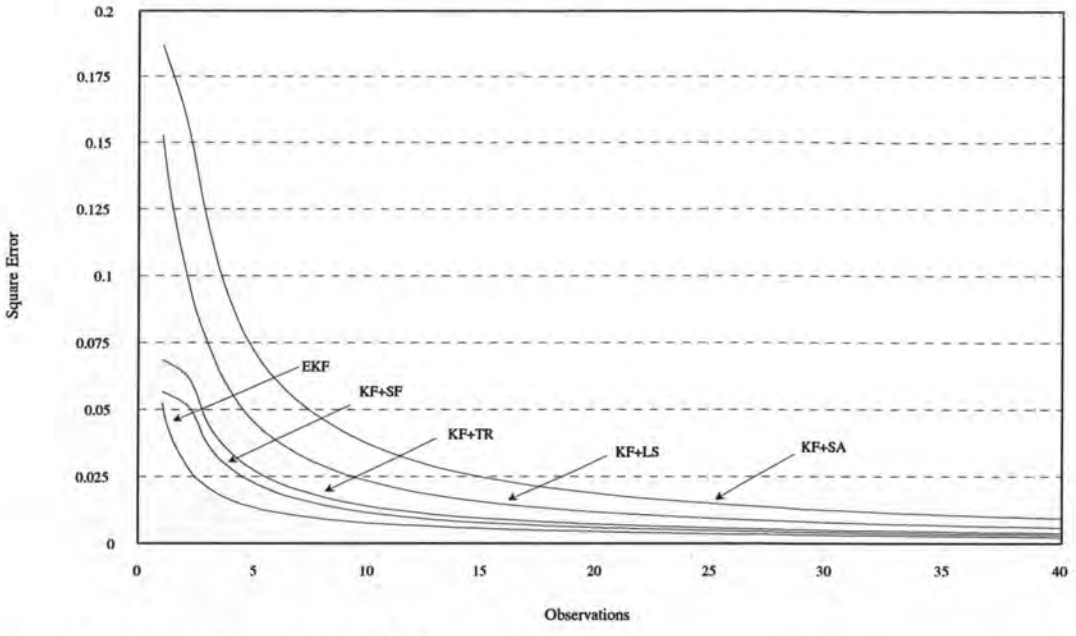


รูปที่ 3.16 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group2 บนแกน X

ตารางที่ 3.13 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group2 บนแกน X

Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR	Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR
1	0.0436	0.0637	0.0467	0.0470	0.0422	21	0.0032	0.0086	0.0033	0.0035	0.0041
2	0.0275	0.0582	0.0310	0.0321	0.0243	22	0.0031	0.0082	0.0032	0.0033	0.004
3	0.0202	0.0446	0.0211	0.0219	0.0166	23	0.0030	0.0079	0.0031	0.0032	0.0039
4	0.0162	0.0364	0.0160	0.0166	0.0132	24	0.0028	0.0076	0.0030	0.0031	0.0037
5	0.0132	0.0305	0.0129	0.0134	0.0112	25	0.0027	0.0073	0.0028	0.0029	0.0036
6	0.0111	0.0265	0.0108	0.0112	0.0099	26	0.0026	0.007	0.0027	0.0028	0.0035
7	0.0096	0.0232	0.0093	0.0096	0.009	27	0.0025	0.0068	0.0027	0.0027	0.0034
8	0.0084	0.0207	0.0082	0.0084	0.0082	28	0.0025	0.0065	0.0026	0.0027	0.0033
9	0.0075	0.0186	0.0073	0.0075	0.0075	29	0.0024	0.0063	0.0025	0.0026	0.0032
10	0.0068	0.0169	0.0065	0.0068	0.007	30	0.0023	0.0061	0.0024	0.0025	0.0031
11	0.0061	0.0156	0.0060	0.0062	0.0066	31	0.0022	0.0059	0.0024	0.0024	0.003
12	0.0056	0.0144	0.0055	0.0057	0.0063	32	0.0021	0.0058	0.0023	0.0024	0.0029
13	0.0052	0.0134	0.0051	0.0053	0.0060	33	0.0021	0.0056	0.0022	0.0023	0.0028
14	0.0048	0.0125	0.0048	0.0049	0.0057	34	0.0020	0.0054	0.0022	0.0022	0.0028
15	0.0045	0.0117	0.0045	0.0046	0.0054	35	0.0020	0.0053	0.0021	0.0022	0.0027
16	0.0042	0.0111	0.0042	0.0044	0.0051	36	0.0019	0.0051	0.0021	0.0021	0.0026
17	0.0040	0.0105	0.004	0.0042	0.0049	37	0.0019	0.0050	0.0020	0.0021	0.0026
18	0.0038	0.0099	0.0038	0.0040	0.0047	38	0.0018	0.0049	0.0020	0.0020	0.0025
19	0.0036	0.0094	0.0036	0.0038	0.0045	39	0.0018	0.0048	0.0019	0.0020	0.0024
20	0.0034	0.0090	0.0035	0.0036	0.0043	40	0.0017	0.0047	0.0019	0.0019	0.0023

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.17 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group2 บนแกน Y

ตารางที่ 3.14 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group2 บนแกน Y

Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR	Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR
1	0.0525	0.1871	0.1529	0.0566	0.0685	21	0.0043	0.0178	0.0113	0.0058	0.0070
2	0.0296	0.1592	0.1014	0.0520	0.0630	22	0.0041	0.0170	0.0108	0.0055	0.0067
3	0.0207	0.1171	0.0733	0.0363	0.0439	23	0.004	0.0163	0.0103	0.0053	0.0064
4	0.0161	0.0885	0.0559	0.0277	0.0335	24	0.0038	0.0156	0.0099	0.0051	0.0062
5	0.0134	0.0715	0.0451	0.0225	0.0272	25	0.0037	0.0150	0.0095	0.0049	0.0059
6	0.0116	0.0606	0.0381	0.0189	0.0229	26	0.0036	0.0144	0.0091	0.0047	0.0057
7	0.0103	0.0525	0.0329	0.0164	0.0198	27	0.0035	0.0139	0.0088	0.0046	0.0055
8	0.0092	0.0463	0.0290	0.0144	0.0174	28	0.0034	0.0134	0.0085	0.0044	0.0053
9	0.0084	0.0412	0.0258	0.0128	0.0155	29	0.0033	0.0129	0.0082	0.0043	0.0052
10	0.0077	0.0371	0.0233	0.0115	0.0139	30	0.0032	0.0125	0.0079	0.0042	0.0050
11	0.0072	0.0337	0.0212	0.0105	0.0127	31	0.0031	0.0121	0.0077	0.0040	0.0048
12	0.0068	0.0310	0.0194	0.0097	0.0117	32	0.0030	0.0117	0.0074	0.0039	0.0047
13	0.0064	0.0286	0.0180	0.0089	0.0108	33	0.0029	0.0113	0.0072	0.0038	0.0046
14	0.0060	0.0266	0.0167	0.0083	0.0100	34	0.0028	0.0110	0.0070	0.0037	0.0045
15	0.0057	0.0248	0.0156	0.0078	0.0094	35	0.0027	0.0107	0.0068	0.0036	0.0044
16	0.0054	0.0233	0.0147	0.0074	0.0090	36	0.0027	0.0104	0.0066	0.0035	0.0043
17	0.0051	0.0219	0.0138	0.0070	0.0085	37	0.0026	0.0101	0.0064	0.0034	0.0042
18	0.0049	0.0207	0.0131	0.0066	0.0080	38	0.0025	0.0099	0.0063	0.0034	0.0041
19	0.0047	0.0197	0.0124	0.0063	0.0076	39	0.0024	0.0096	0.0061	0.0033	0.0040
20	0.0045	0.0187	0.0118	0.0060	0.0073	40	0.0023	0.0094	0.0060	0.0032	0.0039

ผลการทดลองของ Case 3 Group 2

1. ผลการทดลองของ Case 3 Group 2 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 3 Group 2 บนแกน X คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

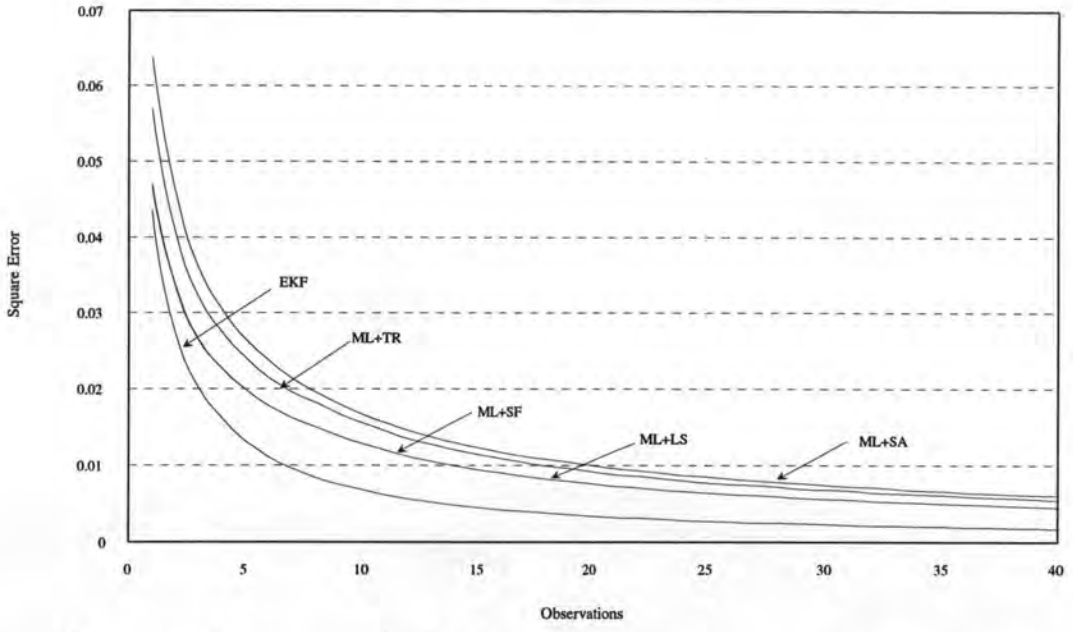
- **Extended Kalman Filter (EKF)** , **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน แต่ **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 3 Group 2 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 3 Group 2 บนแกน Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด , รองลงมาคือ **Stansfield (SF), Torrieri (TR)** และ **Least Square (LS)** ตามลำดับ ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

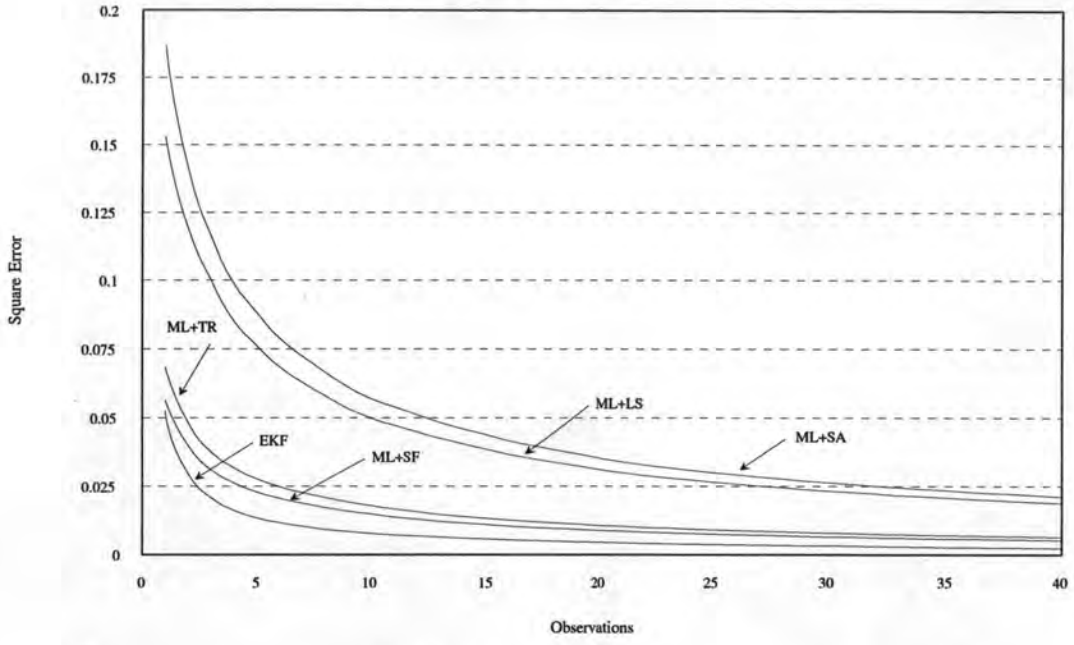


รูปที่ 3.18 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group3 บนแกน X

ตารางที่ 3.15 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group3 บนแกน X

Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML	Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML
1	0.0436	0.0637	0.0467	0.0470	0.0569	21	0.0032	0.0096	0.0073	0.0073	0.0088
2	0.0275	0.0463	0.0337	0.0338	0.0409	22	0.0031	0.0093	0.0071	0.0071	0.0086
3	0.0202	0.0361	0.0265	0.0266	0.0322	23	0.0030	0.0090	0.0068	0.0068	0.0083
4	0.0162	0.0305	0.0227	0.0227	0.0275	24	0.0028	0.0087	0.0066	0.0066	0.0080
5	0.0132	0.0266	0.0200	0.0200	0.0242	25	0.0027	0.0085	0.0064	0.0064	0.0077
6	0.0111	0.0238	0.0178	0.0178	0.0215	26	0.0026	0.0082	0.0062	0.0062	0.0075
7	0.0096	0.0214	0.0162	0.0162	0.0196	27	0.0025	0.0080	0.0061	0.0061	0.0074
8	0.0084	0.0196	0.0150	0.0150	0.0182	28	0.0025	0.0078	0.0059	0.0059	0.0072
9	0.0075	0.018	0.0138	0.0138	0.0167	29	0.0024	0.0076	0.0057	0.0057	0.0069
10	0.0068	0.0166	0.0128	0.0128	0.0155	30	0.0023	0.0074	0.0056	0.0056	0.0068
11	0.0061	0.0155	0.0119	0.0119	0.0144	31	0.0022	0.0072	0.0055	0.0055	0.0067
12	0.0056	0.0145	0.0111	0.0111	0.0134	32	0.0021	0.0071	0.0053	0.0053	0.0064
13	0.0052	0.0137	0.0105	0.0105	0.0127	33	0.0021	0.0069	0.0052	0.0052	0.0063
14	0.0048	0.0129	0.0099	0.0099	0.012	34	0.0020	0.0067	0.0051	0.0051	0.0062
15	0.0045	0.0123	0.0094	0.0094	0.0114	35	0.002	0.0066	0.0050	0.0050	0.0061
16	0.0042	0.0117	0.0090	0.0090	0.0109	36	0.0019	0.0064	0.0049	0.0049	0.0059
17	0.0040	0.0112	0.0086	0.0086	0.0104	37	0.0019	0.0063	0.0048	0.0048	0.0058
18	0.0038	0.0108	0.0082	0.0082	0.0099	38	0.0018	0.0062	0.0047	0.0047	0.0057
19	0.0036	0.0104	0.0079	0.0079	0.0096	39	0.0018	0.0061	0.0046	0.0046	0.0056
20	0.0034	0.0100	0.0076	0.0076	0.0092	40	0.0017	0.0060	0.0045	0.0045	0.0054

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.19 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group3 บนแกน Y

ตารางที่ 3.16 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group3 บนแกน Y

Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML	Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML
1	0.0525	0.1871	0.1529	0.0566	0.0685	21	0.0043	0.0340	0.0300	0.0085	0.0103
2	0.0296	0.1411	0.1191	0.0400	0.0484	22	0.0041	0.0328	0.0289	0.0082	0.0099
3	0.0207	0.1161	0.1000	0.0310	0.0375	23	0.004	0.0318	0.0281	0.0080	0.0097
4	0.0161	0.0987	0.0851	0.0262	0.0317	24	0.0038	0.0309	0.0273	0.0077	0.0093
5	0.0134	0.0883	0.0762	0.0229	0.0277	25	0.0037	0.0300	0.0265	0.0075	0.0091
6	0.0116	0.0788	0.0684	0.0205	0.0248	26	0.0036	0.0292	0.0258	0.0073	0.0088
7	0.0103	0.0723	0.0629	0.0187	0.0226	27	0.0035	0.0284	0.0251	0.0071	0.0086
8	0.0092	0.0667	0.0581	0.0172	0.0208	28	0.0034	0.0277	0.0245	0.0069	0.0083
9	0.0084	0.0613	0.0535	0.0159	0.0192	29	0.0033	0.0269	0.0238	0.0067	0.0081
10	0.0077	0.0570	0.0499	0.0148	0.0179	30	0.0032	0.0263	0.0232	0.0065	0.0079
11	0.0072	0.0540	0.0473	0.0137	0.0166	31	0.0031	0.0257	0.0227	0.0064	0.0077
12	0.0068	0.0512	0.0449	0.0129	0.0156	32	0.0030	0.0251	0.0222	0.0062	0.0075
13	0.0064	0.0484	0.0425	0.0121	0.0146	33	0.0029	0.0245	0.0216	0.0061	0.0074
14	0.0060	0.0459	0.0404	0.0115	0.0139	34	0.0028	0.0239	0.0212	0.0059	0.0072
15	0.0057	0.0437	0.0384	0.0109	0.0132	35	0.0027	0.0234	0.0207	0.0058	0.0070
16	0.0054	0.0415	0.0366	0.0104	0.0126	36	0.0027	0.0229	0.0203	0.0057	0.0069
17	0.0051	0.0398	0.0350	0.0099	0.012	37	0.0026	0.0224	0.0199	0.0056	0.0068
18	0.0049	0.0382	0.0336	0.0095	0.0115	38	0.0025	0.0220	0.0195	0.0055	0.0067
19	0.0047	0.0368	0.0324	0.0092	0.0111	39	0.0024	0.0215	0.0191	0.0054	0.0066
20	0.0045	0.0353	0.0311	0.0088	0.0106	40	0.0023	0.0211	0.0187	0.0053	0.0064

ผลการทดลองของ Case 3 Group 3

1. ผลการทดลองของ Case 3 Group 3 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 3 Group 3 บนแกน X เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

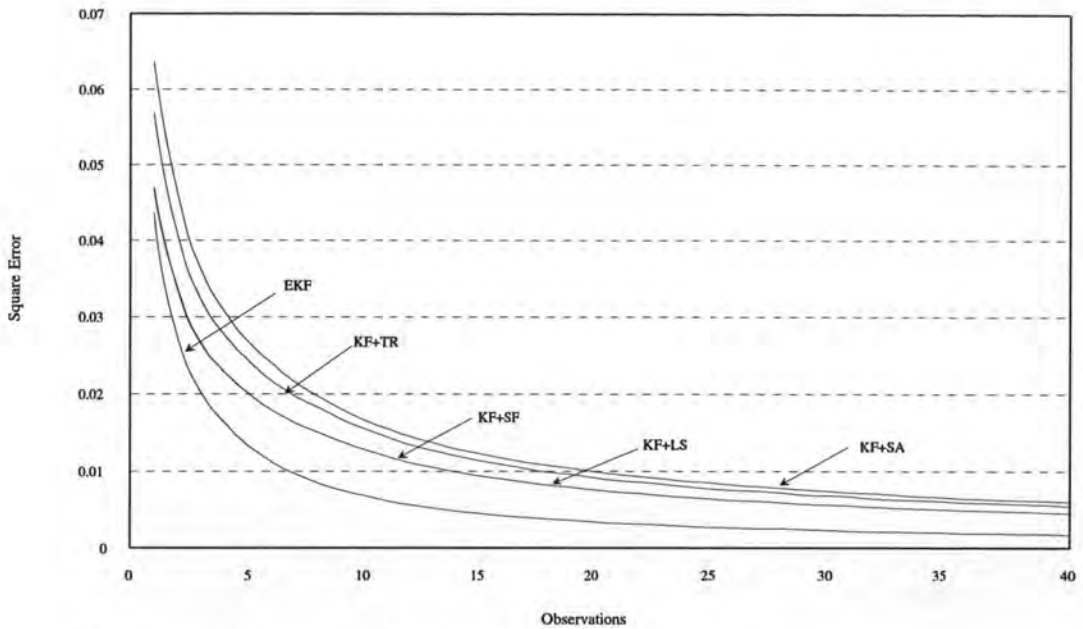
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 3 Group 3 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 3 Group 3 บนแกน Y เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, รองลงมาคือ **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF), Torrieri (TR)** ตามลำดับ ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

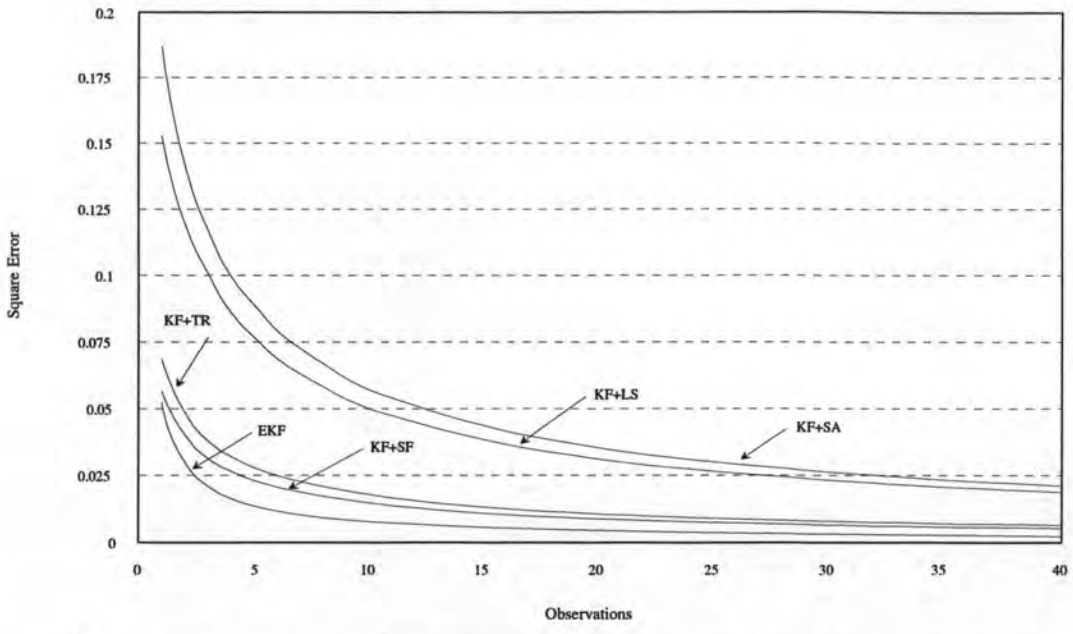
Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.20 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group4 บนแกน X

ตารางที่ 3.17 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group4 บนแกน X

Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF	Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF
1	0.0436	0.0637	0.0467	0.0470	0.0569	21	0.0032	0.0096	0.0073	0.0073	0.0088
2	0.0275	0.0463	0.0337	0.0338	0.0409	22	0.0031	0.0093	0.0071	0.0071	0.0086
3	0.0202	0.0361	0.0265	0.0266	0.0322	23	0.0030	0.0090	0.0068	0.0068	0.0083
4	0.0162	0.0305	0.0227	0.0227	0.0275	24	0.0028	0.0087	0.0066	0.0066	0.008
5	0.0132	0.0266	0.0200	0.0200	0.0242	25	0.0027	0.0085	0.0064	0.0064	0.0077
6	0.0111	0.0238	0.0178	0.0178	0.0215	26	0.0026	0.0082	0.0062	0.0062	0.0075
7	0.0096	0.0214	0.0162	0.0162	0.0196	27	0.0025	0.008	0.0061	0.0061	0.0074
8	0.0084	0.0196	0.0150	0.0150	0.0182	28	0.0025	0.0078	0.0059	0.0059	0.0072
9	0.0075	0.0180	0.0138	0.0138	0.0167	29	0.0024	0.0076	0.0057	0.0057	0.0069
10	0.0068	0.0166	0.0128	0.0128	0.0155	30	0.0023	0.0074	0.0056	0.0056	0.0068
11	0.0061	0.0155	0.0119	0.0119	0.0144	31	0.0022	0.0072	0.0055	0.0055	0.0067
12	0.0056	0.0145	0.0111	0.0111	0.0134	32	0.0021	0.0071	0.0053	0.0053	0.0064
13	0.0052	0.0137	0.0105	0.0105	0.0127	33	0.0021	0.0069	0.0052	0.0052	0.0063
14	0.0048	0.0129	0.0099	0.0099	0.012	34	0.002	0.0067	0.0051	0.0051	0.0062
15	0.0045	0.0123	0.0094	0.0094	0.0114	35	0.002	0.0066	0.0050	0.0050	0.0061
16	0.0042	0.0117	0.0090	0.0090	0.0109	36	0.0019	0.0064	0.0049	0.0049	0.0059
17	0.004	0.0112	0.0086	0.0086	0.0104	37	0.0019	0.0063	0.0048	0.0048	0.0058
18	0.0038	0.0108	0.0082	0.0082	0.0099	38	0.0018	0.0062	0.0047	0.0047	0.0057
19	0.0036	0.0104	0.0079	0.0079	0.0096	39	0.0018	0.0061	0.0046	0.0046	0.0056
20	0.0034	0.0100	0.0076	0.0076	0.0092	40	0.0017	0.0060	0.0045	0.0045	0.0054



รูปที่ 3.21 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group4 บนแกน Y

ตารางที่ 3.18 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case3 Group4 บนแกน Y

Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF	Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF
1	0.0525	0.1871	0.1529	0.0566	0.0685	21	0.0043	0.034	0.0300	0.0085	0.0103
2	0.0296	0.1411	0.1191	0.0400	0.0484	22	0.0041	0.0328	0.0289	0.0082	0.0099
3	0.0207	0.1161	0.1000	0.0310	0.0375	23	0.0040	0.0318	0.0281	0.008	0.0097
4	0.0161	0.0987	0.0851	0.0262	0.0317	24	0.0038	0.0309	0.0273	0.0077	0.0093
5	0.0134	0.0883	0.0762	0.0229	0.0277	25	0.0037	0.0300	0.0265	0.0075	0.0091
6	0.0116	0.0788	0.0684	0.0205	0.0248	26	0.0036	0.0292	0.0258	0.0073	0.0088
7	0.0103	0.0723	0.0629	0.0187	0.0226	27	0.0035	0.0284	0.0251	0.0071	0.0086
8	0.0092	0.0667	0.0581	0.0172	0.0208	28	0.0034	0.0277	0.0245	0.0069	0.0083
9	0.0084	0.0613	0.0535	0.0159	0.0192	29	0.0033	0.0269	0.0238	0.0067	0.0081
10	0.0077	0.0570	0.0499	0.0148	0.0179	30	0.0032	0.0263	0.0232	0.0065	0.0079
11	0.0072	0.0540	0.0473	0.0137	0.0166	31	0.0031	0.0257	0.0227	0.0064	0.0077
12	0.0068	0.0512	0.0449	0.0129	0.0156	32	0.003	0.0251	0.0222	0.0062	0.0075
13	0.0064	0.0484	0.0425	0.0121	0.0146	33	0.0029	0.0245	0.0216	0.0061	0.0074
14	0.006	0.0459	0.0404	0.0115	0.0139	34	0.0028	0.0239	0.0212	0.0059	0.0072
15	0.0057	0.0437	0.0384	0.0109	0.0132	35	0.0027	0.0234	0.0207	0.0058	0.0070
16	0.0054	0.0415	0.0366	0.0104	0.0126	36	0.0027	0.0229	0.0203	0.0057	0.0069
17	0.0051	0.0398	0.0350	0.0099	0.012	37	0.0026	0.0224	0.0199	0.0056	0.0068
18	0.0049	0.0382	0.0336	0.0095	0.0115	38	0.0025	0.0220	0.0195	0.0055	0.0067
19	0.0047	0.0368	0.0324	0.0092	0.0111	39	0.0024	0.0215	0.0191	0.0054	0.0066
20	0.0045	0.0353	0.0311	0.0088	0.0106	40	0.0023	0.0211	0.0187	0.0053	0.0064

ผลการทดลองของ Case 3 Group 4

1. ผลการทดลองของ Case 3 Group 4 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 3 Group 4 บนแกน X เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

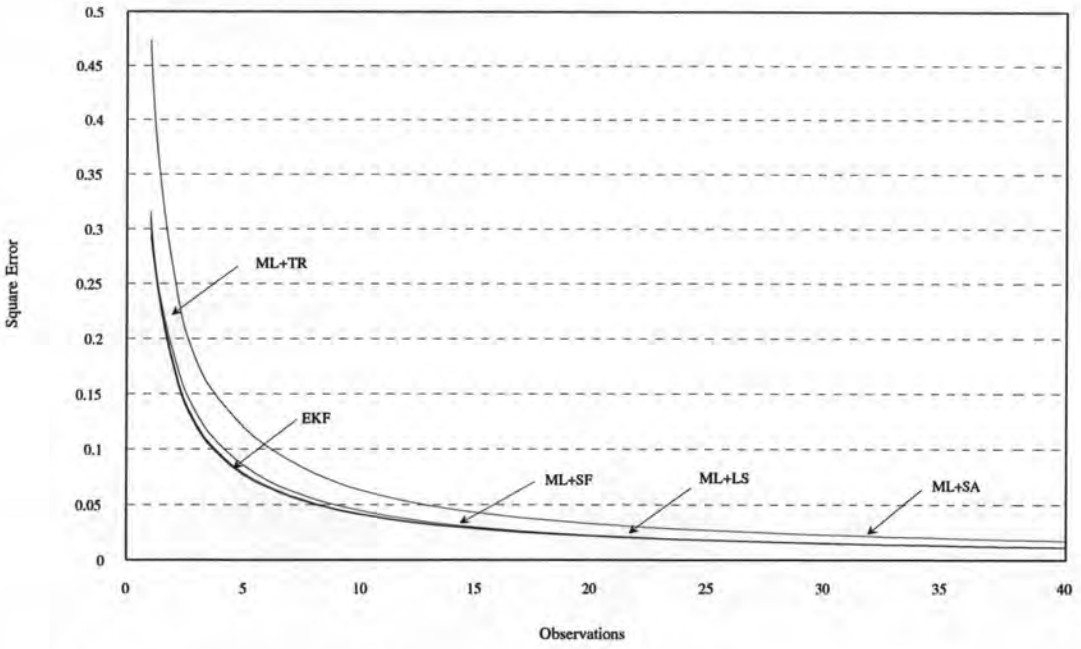
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 3 Group 4 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 3 Group 4 บนแกน Y เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, รองลงมาคือ **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF), Torrieri (TR)** ตามลำดับ ส่วน **Simple Average** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

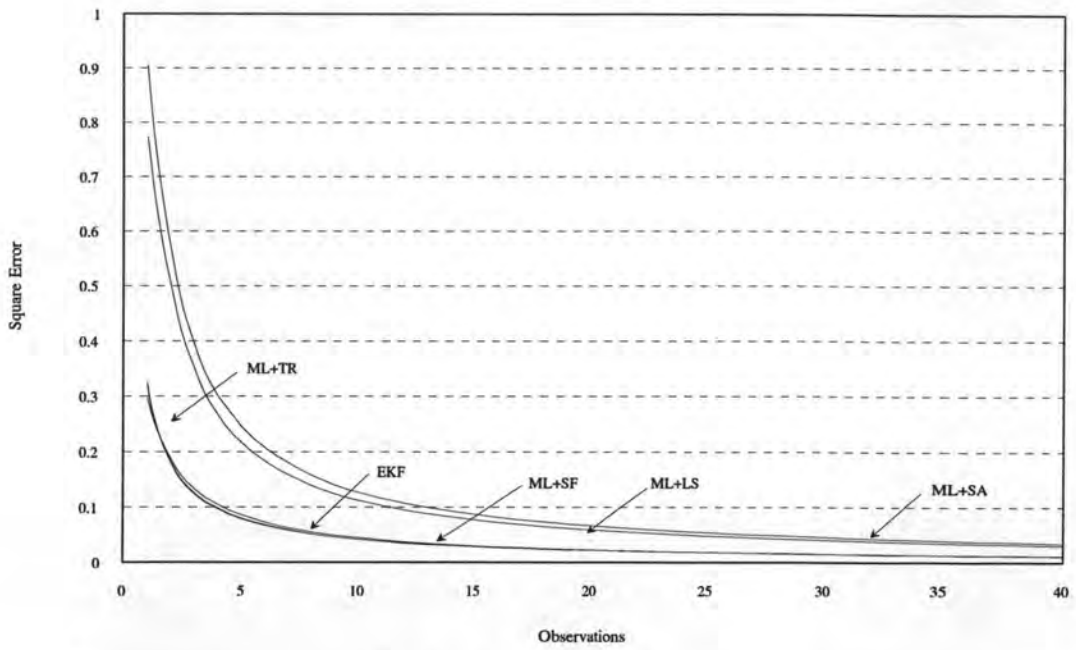


รูปที่ 3.22 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group1 บนแกน X

ตารางที่ 3.19 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group1 บนแกน X

Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR	Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR
1	0.2948	0.4742	0.3141	0.3156	0.3093	21	0.0214	0.0316	0.0212	0.0212	0.0208
2	0.1851	0.2588	0.1753	0.1762	0.1727	22	0.0205	0.0303	0.0204	0.0204	0.0200
3	0.1314	0.1783	0.1207	0.1213	0.1189	23	0.0197	0.0291	0.0196	0.0196	0.0192
4	0.1034	0.1431	0.0948	0.0951	0.0932	24	0.0189	0.0280	0.0188	0.0188	0.0184
5	0.0854	0.1194	0.0778	0.0780	0.0764	25	0.0182	0.0270	0.0182	0.0182	0.0178
6	0.0717	0.1022	0.0665	0.0666	0.0653	26	0.0175	0.0261	0.0176	0.0176	0.0172
7	0.0621	0.0888	0.0578	0.0579	0.0567	27	0.0169	0.0252	0.017	0.017	0.0167
8	0.0547	0.0778	0.0507	0.0508	0.0498	28	0.0163	0.0244	0.0164	0.0164	0.0161
9	0.0489	0.0693	0.0454	0.0455	0.0446	29	0.0157	0.0236	0.0159	0.0159	0.0156
10	0.0442	0.0627	0.0414	0.0415	0.0407	30	0.0152	0.0229	0.0154	0.0154	0.0151
11	0.0402	0.0574	0.0380	0.0380	0.0373	31	0.0147	0.0222	0.0150	0.0150	0.0147
12	0.0369	0.0528	0.0350	0.0350	0.0343	32	0.0143	0.0216	0.0145	0.0145	0.0142
13	0.0341	0.049	0.0326	0.0326	0.0319	33	0.0139	0.0209	0.0141	0.0141	0.0138
14	0.0317	0.0458	0.0305	0.0305	0.0299	34	0.0135	0.0204	0.0137	0.0137	0.0134
15	0.0296	0.0429	0.0287	0.0287	0.0281	35	0.0131	0.0198	0.0134	0.0134	0.0131
16	0.0278	0.0405	0.0270	0.0270	0.0265	36	0.0127	0.0193	0.0130	0.0130	0.0127
17	0.0262	0.0382	0.0256	0.0256	0.0251	37	0.0124	0.0188	0.0127	0.0127	0.0124
18	0.0248	0.0363	0.0243	0.0243	0.0238	38	0.0121	0.0183	0.0124	0.0124	0.0122
19	0.0236	0.0346	0.0232	0.0232	0.0227	39	0.0118	0.0179	0.012	0.012	0.0118
20	0.0224	0.033	0.0222	0.0222	0.0218	40	0.0115	0.0174	0.0118	0.0118	0.0116

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.23 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group1 บนแกน Y

ตารางที่ 3.20 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group1 บนแกน Y

Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR	Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR
1	0.2975	0.9056	0.7728	0.3250	0.3217	21	0.0216	0.0638	0.0567	0.0215	0.0213
2	0.1868	0.5633	0.4975	0.1821	0.1803	22	0.0207	0.0611	0.0543	0.0206	0.0204
3	0.1326	0.3906	0.3477	0.125	0.1237	23	0.0199	0.0586	0.0521	0.0198	0.0196
4	0.1043	0.2987	0.2649	0.0975	0.0965	24	0.0191	0.0563	0.0500	0.0191	0.0189
5	0.0862	0.2444	0.2158	0.0797	0.0789	25	0.0184	0.0542	0.0482	0.0184	0.0182
6	0.0723	0.2072	0.1827	0.0679	0.0672	26	0.0177	0.0523	0.0465	0.0178	0.0176
7	0.0627	0.1796	0.1584	0.0590	0.0584	27	0.0171	0.0505	0.0449	0.0172	0.0170
8	0.0552	0.1574	0.1389	0.0517	0.0512	28	0.0165	0.0488	0.0434	0.0166	0.0164
9	0.0493	0.1402	0.1239	0.0463	0.0458	29	0.0158	0.0473	0.0420	0.0161	0.0160
10	0.0446	0.1269	0.1123	0.0421	0.0417	30	0.0153	0.0458	0.0407	0.0156	0.0154
11	0.0406	0.1160	0.1028	0.0386	0.0382	31	0.0148	0.0444	0.0394	0.0152	0.0150
12	0.0372	0.1069	0.0947	0.0356	0.0352	32	0.0144	0.0430	0.0382	0.0147	0.0146
13	0.0344	0.0994	0.0882	0.0331	0.0328	33	0.0140	0.0418	0.0371	0.0143	0.0142
14	0.032	0.0928	0.0824	0.0310	0.0307	34	0.0136	0.0406	0.0361	0.0139	0.0138
15	0.0299	0.0871	0.0773	0.0291	0.0288	35	0.0132	0.0395	0.0351	0.0135	0.0134
16	0.0281	0.0818	0.0727	0.0274	0.0271	36	0.0128	0.0384	0.0341	0.0131	0.0130
17	0.0264	0.0774	0.0688	0.0260	0.0258	37	0.0125	0.0374	0.0332	0.0128	0.0127
18	0.025	0.0735	0.0652	0.0247	0.0245	38	0.0122	0.0364	0.0323	0.0125	0.0124
19	0.0238	0.0699	0.0621	0.0235	0.0233	39	0.0119	0.0355	0.0315	0.0122	0.0121
20	0.0226	0.0667	0.0593	0.0225	0.0223	40	0.0116	0.0346	0.0308	0.0119	0.0118

ผลการทดลองของ Case 4 Group 1

1. ผลการทดลองของ Case 4 Group 1 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 4 Group 1 บนแกน X คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

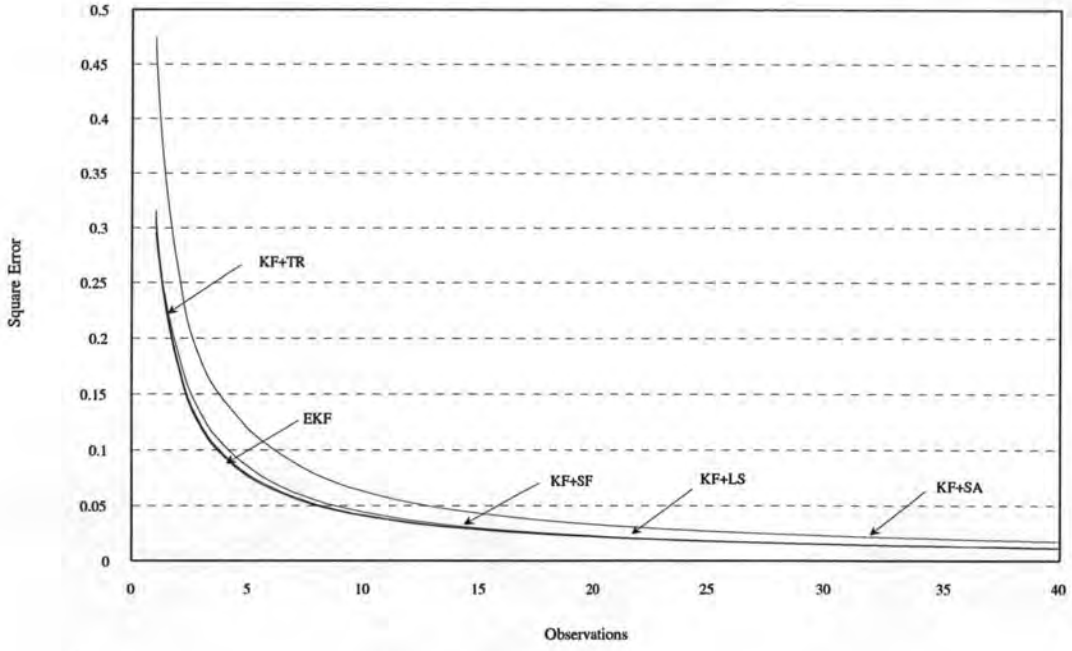
- **Extended Kalman Filter (EKF)** , **Torrieri (TR)** , **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน แต่ **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ความแม่นยำมากที่สุด ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 4 Group 1 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 4 Group 1 บนแกน Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด , รองลงมาคือ **Stansfield (SF), Torrieri (TR)** ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกัน รองลงมา **Least Square (LS)** และ **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน และน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.24 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group2 บนแกน X

ตารางที่ 3.21 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group2 บนแกน X

Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR	Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR
1	0.2948	0.4742	0.3141	0.3156	0.3093	21	0.0214	0.0316	0.0212	0.0212	0.0208
2	0.1851	0.2588	0.1753	0.1762	0.1727	22	0.0205	0.0303	0.0204	0.0204	0.0200
3	0.1314	0.1783	0.1207	0.1213	0.1189	23	0.0197	0.0291	0.0196	0.0196	0.0192
4	0.1034	0.1431	0.0948	0.0951	0.0932	24	0.0189	0.0280	0.0188	0.0188	0.0184
5	0.0854	0.1194	0.0778	0.0780	0.0764	25	0.0182	0.0270	0.0182	0.0182	0.0178
6	0.0717	0.1022	0.0665	0.0666	0.0653	26	0.0175	0.0261	0.0176	0.0176	0.0172
7	0.0621	0.0888	0.0578	0.0579	0.0567	27	0.0169	0.0252	0.0170	0.017	0.0167
8	0.0547	0.0778	0.0507	0.0508	0.0498	28	0.0163	0.0244	0.0164	0.0164	0.0161
9	0.0489	0.0693	0.0454	0.0455	0.0446	29	0.0157	0.0236	0.0159	0.0159	0.0156
10	0.0442	0.0627	0.0414	0.0415	0.0407	30	0.0152	0.0229	0.0154	0.0154	0.0151
11	0.0402	0.0574	0.0380	0.038	0.0373	31	0.0147	0.0222	0.0150	0.0150	0.0147
12	0.0369	0.0528	0.0350	0.035	0.0343	32	0.0143	0.0216	0.0145	0.0145	0.0142
13	0.0341	0.0490	0.0326	0.0326	0.0319	33	0.0139	0.0209	0.0141	0.0141	0.0138
14	0.0317	0.0458	0.0305	0.0305	0.0299	34	0.0135	0.0204	0.0137	0.0137	0.0134
15	0.0296	0.0429	0.0287	0.0287	0.0281	35	0.0131	0.0198	0.0134	0.0134	0.0131
16	0.0278	0.0405	0.0270	0.0270	0.0265	36	0.0127	0.0193	0.013	0.013	0.0127
17	0.0262	0.0382	0.0256	0.0256	0.0251	37	0.0124	0.0188	0.0127	0.0127	0.0124
18	0.0248	0.0363	0.0243	0.0243	0.0238	38	0.0121	0.0183	0.0124	0.0124	0.0122
19	0.0236	0.0346	0.0232	0.0232	0.0227	39	0.0118	0.0179	0.0120	0.0120	0.0118
20	0.0224	0.0330	0.0222	0.0222	0.0218	40	0.0115	0.0174	0.0118	0.0118	0.0116

ผลการทดลองของ Case 4 Group 2

1. ผลการทดลองของ Case 4 Group 2 บนแกน X

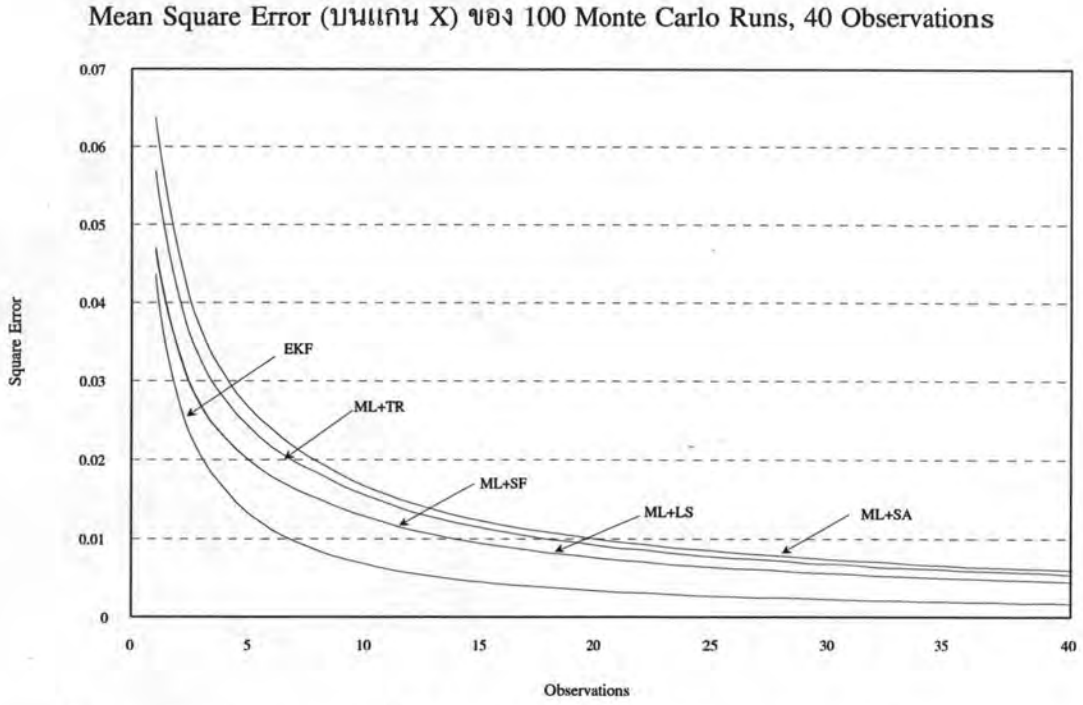
ผลการทดลองของ Case 4 Group 2 บนแกน X คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** , **Torrieri (TR)** ,**Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน แต่ **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ความแม่นยำมากที่สุด ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 4 Group 2 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 4 Group 2 บนแกน Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering**
(KF) และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด , รองลงมาคือ **Stansfield (SF), Torrieri (TR)** ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกัน รองลงมา **Least Square (LS)** และ **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน และน้อยที่สุด

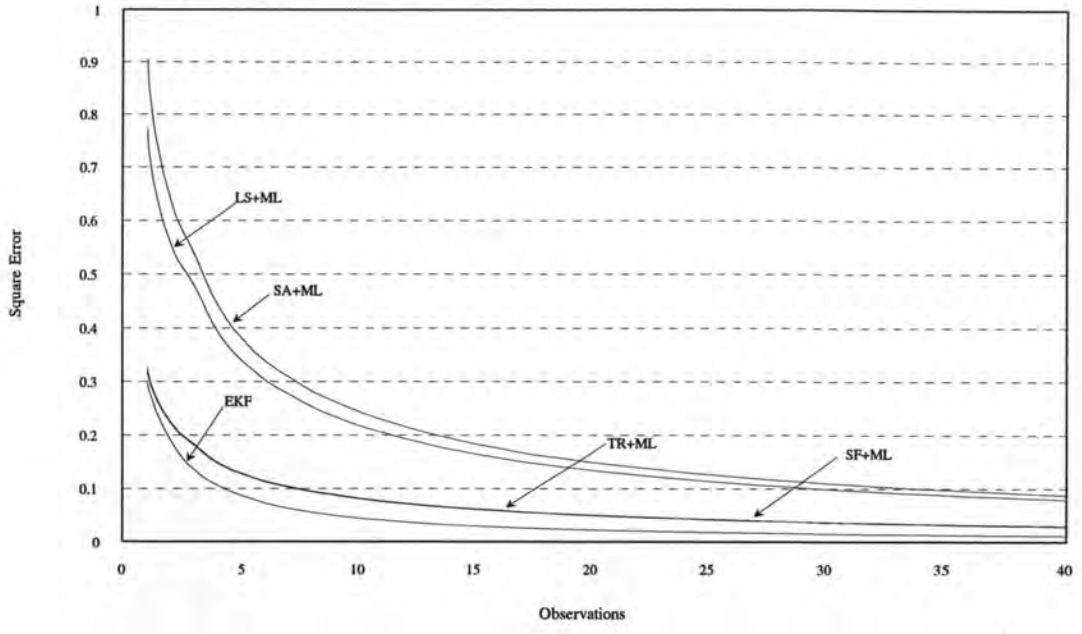


รูปที่ 3.26 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group3 บนแกน X

ตารางที่ 3.23 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group3 บนแกน X

Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML	Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML
1	0.2948	0.4742	0.3141	0.3156	0.3093	21	0.0214	0.0681	0.0476	0.0477	0.0467
2	0.1851	0.3216	0.2155	0.2162	0.2119	22	0.0205	0.0659	0.0461	0.0461	0.0452
3	0.1314	0.2576	0.1779	0.1780	0.1744	23	0.0197	0.0638	0.0446	0.0447	0.0438
4	0.1034	0.2104	0.1441	0.1443	0.1414	24	0.0189	0.0617	0.0432	0.0433	0.0424
5	0.0854	0.1829	0.1252	0.1255	0.123	25	0.0182	0.0597	0.0419	0.0419	0.0410
6	0.0717	0.1611	0.1110	0.1112	0.1090	26	0.0175	0.0580	0.0407	0.0407	0.0399
7	0.0621	0.1469	0.1016	0.1017	0.0997	27	0.0169	0.0563	0.0395	0.0395	0.0387
8	0.0547	0.1339	0.0927	0.0929	0.0910	28	0.0163	0.0547	0.0384	0.0384	0.0376
9	0.0489	0.1247	0.0862	0.0864	0.0847	29	0.0157	0.0533	0.0374	0.0374	0.0367
10	0.0442	0.1161	0.0801	0.0803	0.0787	30	0.0152	0.0520	0.0354	0.0365	0.0358
11	0.0402	0.1082	0.0748	0.075	0.0735	31	0.0147	0.0507	0.0355	0.0356	0.0349
12	0.0369	0.1019	0.0705	0.0706	0.0692	32	0.0143	0.0495	0.0346	0.0347	0.0340
13	0.0341	0.0964	0.0667	0.0668	0.0655	33	0.0139	0.0484	0.0339	0.0339	0.0332
14	0.0317	0.0916	0.0635	0.0636	0.0623	34	0.0135	0.0473	0.0331	0.0332	0.0325
15	0.0296	0.0870	0.0605	0.0606	0.0594	35	0.0131	0.0462	0.0324	0.0324	0.0318
16	0.0278	0.0833	0.0581	0.0582	0.0569	36	0.0127	0.0453	0.0317	0.0318	0.0312
17	0.0262	0.0793	0.0555	0.0556	0.0545	37	0.0124	0.0442	0.0310	0.0310	0.0304
18	0.0248	0.0761	0.0533	0.0533	0.0522	38	0.0121	0.0433	0.0304	0.0304	0.0298
19	0.0236	0.0734	0.0513	0.0513	0.0503	39	0.0118	0.0423	0.0297	0.0298	0.0292
20	0.0224	0.0706	0.0494	0.0495	0.0485	40	0.0115	0.0415	0.0291	0.0292	0.0286

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.27 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group3 บนแกน Y

ตารางที่ 3.24 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group3 บนแกน Y

Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML	Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML
1	0.2975	0.9056	0.7728	0.325	0.3217	21	0.0216	0.144	0.1296	0.0486	0.0481
2	0.1868	0.6316	0.5517	0.2218	0.2196	22	0.0207	0.1394	0.1255	0.047	0.0465
3	0.1326	0.5316	0.4736	0.1806	0.1788	23	0.0199	0.135	0.1215	0.0455	0.045
4	0.1043	0.4373	0.3879	0.1467	0.1452	24	0.0191	0.1306	0.1176	0.0441	0.0437
5	0.0862	0.3781	0.3370	0.1280	0.1267	25	0.0184	0.1266	0.1141	0.0427	0.0423
6	0.0723	0.3368	0.3015	0.1135	0.1124	26	0.0177	0.1230	0.1108	0.0415	0.0411
7	0.0627	0.3078	0.2758	0.1037	0.1027	27	0.0171	0.1195	0.1076	0.0403	0.0399
8	0.0552	0.2810	0.2516	0.0948	0.0939	28	0.0165	0.1160	0.1047	0.0392	0.0389
9	0.0493	0.2615	0.2340	0.0883	0.0874	29	0.0158	0.1132	0.1019	0.0381	0.0377
10	0.0446	0.2433	0.2177	0.0820	0.0812	30	0.0153	0.1105	0.0995	0.0372	0.0368
11	0.0406	0.2284	0.2045	0.0766	0.0758	31	0.0148	0.1077	0.0969	0.0362	0.0358
12	0.0372	0.2152	0.1927	0.0722	0.0715	32	0.0144	0.1050	0.0946	0.0353	0.0349
13	0.0344	0.2035	0.1822	0.0682	0.0675	33	0.014	0.1026	0.0924	0.0345	0.0342
14	0.0320	0.1936	0.1735	0.0649	0.0643	34	0.0136	0.1003	0.0904	0.0338	0.0335
15	0.0299	0.1837	0.1648	0.0618	0.0612	35	0.0132	0.0981	0.0883	0.0330	0.0327
16	0.0281	0.1756	0.1577	0.0594	0.0588	36	0.0128	0.0961	0.0865	0.0323	0.0320
17	0.0264	0.1674	0.1505	0.0567	0.0561	37	0.0125	0.0939	0.0847	0.0316	0.0313
18	0.0250	0.1608	0.1447	0.0544	0.0539	38	0.0122	0.0919	0.0828	0.031	0.0307
19	0.0238	0.1551	0.1395	0.0523	0.0518	39	0.0119	0.0900	0.0811	0.0303	0.0300
20	0.0226	0.1493	0.1344	0.0504	0.0499	40	0.0116	0.0882	0.0795	0.0297	0.0294

ผลการทดลองของ Case 4 Group 3

1. ผลการทดลองของ Case 4 Group 3 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 4 Group 3 บนแกน X เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

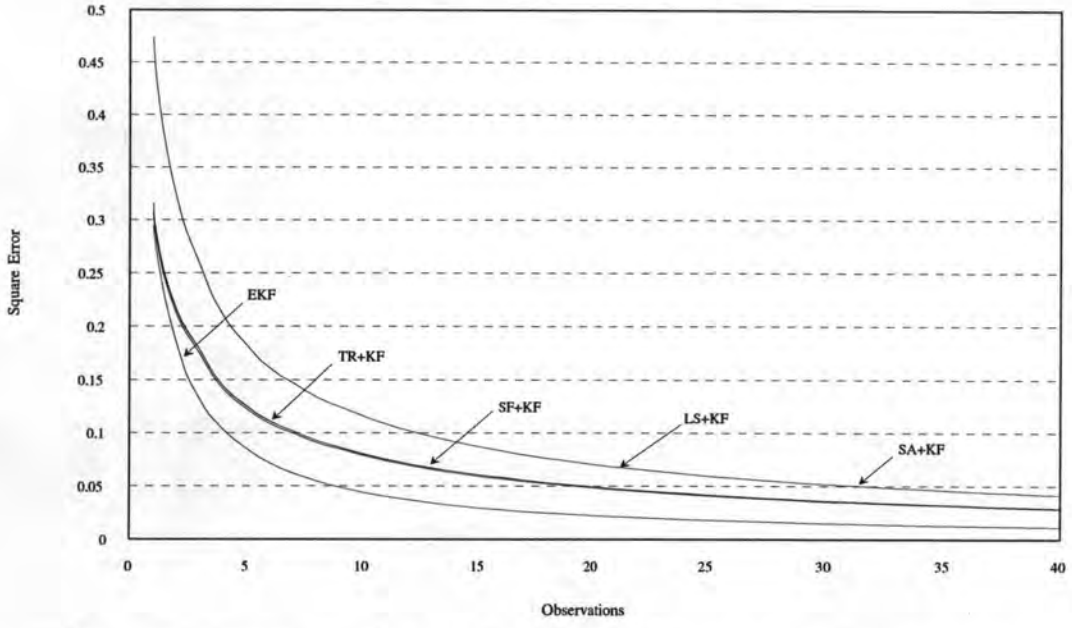
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** , **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ซึ่งให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 4 Group 3 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 4 Group 3 บนแกน Y เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, **Torrieri (TR)**, และ **Stansfield (SF)** ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกัน รองลงมาคือ **Least Square (LS)** ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

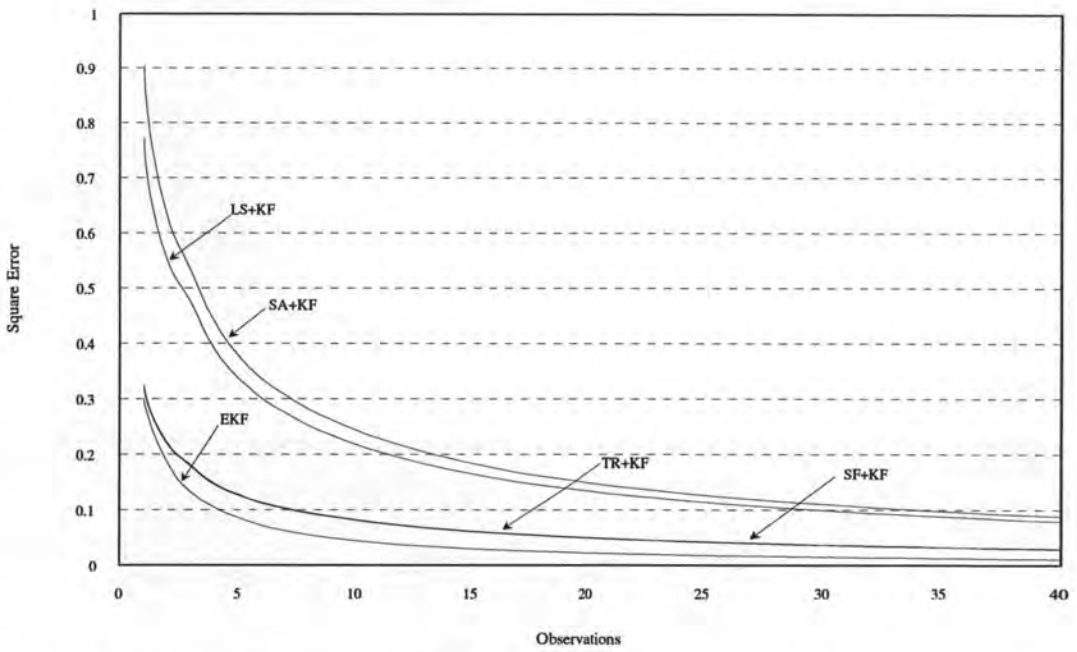


รูปที่ 3.28 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group4 บนแกน X

ตารางที่ 3.25 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group4 บนแกน X

Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF	Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF
1	0.2948	0.4742	0.3141	0.3156	0.3093	21	0.0214	0.0681	0.0476	0.0477	0.0467
2	0.1851	0.3216	0.2155	0.2162	0.2119	22	0.0205	0.0659	0.0461	0.0461	0.0452
3	0.1314	0.2576	0.1779	0.178	0.1744	23	0.0197	0.0638	0.0446	0.0447	0.0438
4	0.1034	0.2104	0.1441	0.1443	0.1414	24	0.0189	0.0617	0.0432	0.0433	0.0424
5	0.0854	0.1829	0.1252	0.1255	0.1230	25	0.0182	0.0597	0.0419	0.0419	0.0410
6	0.0717	0.1611	0.1110	0.1112	0.1090	26	0.0175	0.0580	0.0407	0.0407	0.0399
7	0.0621	0.1469	0.1016	0.1017	0.0997	27	0.0169	0.0563	0.0395	0.0395	0.0387
8	0.0547	0.1339	0.0927	0.0929	0.0910	28	0.0163	0.0547	0.0384	0.0384	0.0376
9	0.0489	0.1247	0.0862	0.0864	0.0847	29	0.0157	0.0533	0.0374	0.0374	0.0367
10	0.0442	0.1161	0.0801	0.0803	0.0787	30	0.0152	0.0520	0.0354	0.0365	0.0358
11	0.0402	0.1082	0.0748	0.075	0.0735	31	0.0147	0.0507	0.0355	0.0356	0.0349
12	0.0369	0.1019	0.0705	0.0706	0.0692	32	0.0143	0.0495	0.0346	0.0347	0.0340
13	0.0341	0.0964	0.0667	0.0668	0.0655	33	0.0139	0.0484	0.0339	0.0339	0.0332
14	0.0317	0.0916	0.0635	0.0636	0.0623	34	0.0135	0.0473	0.0331	0.0332	0.0325
15	0.0296	0.0870	0.0605	0.0606	0.0594	35	0.0131	0.0462	0.0324	0.0324	0.0318
16	0.0278	0.0833	0.0581	0.0682	0.0669	36	0.0127	0.0453	0.0317	0.0318	0.0312
17	0.0262	0.0793	0.0555	0.0556	0.0545	37	0.0124	0.0442	0.0310	0.0310	0.0304
18	0.0248	0.0761	0.0533	0.0533	0.0522	38	0.0121	0.0433	0.0304	0.0304	0.0298
19	0.0236	0.0734	0.0513	0.0513	0.0503	39	0.0118	0.0423	0.0297	0.0298	0.0292
20	0.0224	0.0706	0.0494	0.0495	0.0485	40	0.0115	0.0415	0.0291	0.0292	0.0286

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.29 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group4 บนแกน Y

ตารางที่ 3.26 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case4 Group4 บนแกน Y

Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF	Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF
1	0.2975	0.9056	0.7728	0.325	0.3217	21	0.0216	0.144	0.1296	0.0486	0.0481
2	0.1868	0.6316	0.5517	0.2218	0.2196	22	0.0207	0.1394	0.1255	0.0470	0.0465
3	0.1326	0.5316	0.4736	0.1806	0.1788	23	0.0199	0.1350	0.1215	0.0455	0.045
4	0.1043	0.4373	0.3879	0.1467	0.1452	24	0.0191	0.1306	0.1176	0.0441	0.0437
5	0.0862	0.3781	0.3370	0.1280	0.1267	25	0.0184	0.1266	0.1141	0.0427	0.0423
6	0.0723	0.3368	0.3015	0.1135	0.1124	26	0.0177	0.123	0.1108	0.0415	0.0411
7	0.0627	0.3078	0.2758	0.1037	0.1027	27	0.0171	0.1195	0.1076	0.0403	0.0399
8	0.0552	0.2810	0.2516	0.0948	0.0939	28	0.0165	0.1160	0.1047	0.0392	0.0389
9	0.0493	0.2615	0.2340	0.0883	0.0874	29	0.0158	0.1132	0.1019	0.0381	0.0377
10	0.0446	0.2433	0.2177	0.0820	0.0812	30	0.0153	0.1105	0.0995	0.0372	0.0368
11	0.0406	0.2284	0.2045	0.0766	0.0758	31	0.0148	0.1077	0.0969	0.0362	0.0358
12	0.0372	0.2152	0.1927	0.0722	0.0715	32	0.0144	0.1050	0.0946	0.0353	0.0349
13	0.0344	0.2035	0.1822	0.0682	0.0675	33	0.014	0.1026	0.0924	0.0345	0.0342
14	0.0320	0.1936	0.1735	0.0649	0.0643	34	0.0136	0.1003	0.0904	0.0338	0.0335
15	0.0299	0.1837	0.1648	0.0618	0.0612	35	0.0132	0.0981	0.0883	0.0330	0.0327
16	0.0281	0.1756	0.1577	0.0594	0.0588	36	0.0128	0.0961	0.0865	0.0323	0.0320
17	0.0264	0.1674	0.1505	0.0567	0.0561	37	0.0125	0.0939	0.0847	0.0316	0.0313
18	0.0250	0.1608	0.1447	0.0544	0.0539	38	0.0122	0.0919	0.0828	0.0310	0.0307
19	0.0238	0.1551	0.1395	0.0523	0.0518	39	0.0119	0.0900	0.0811	0.0303	0.0300
20	0.0230	0.1547	0.1345	0.0502	0.0498	40	0.0116	0.0881	0.0798	0.0297	0.0298

ผลการทดลองของ Case 4 Group 4

1. ผลการทดลองของ Case 4 Group 4 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 4 Group 4 บนแกน X เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

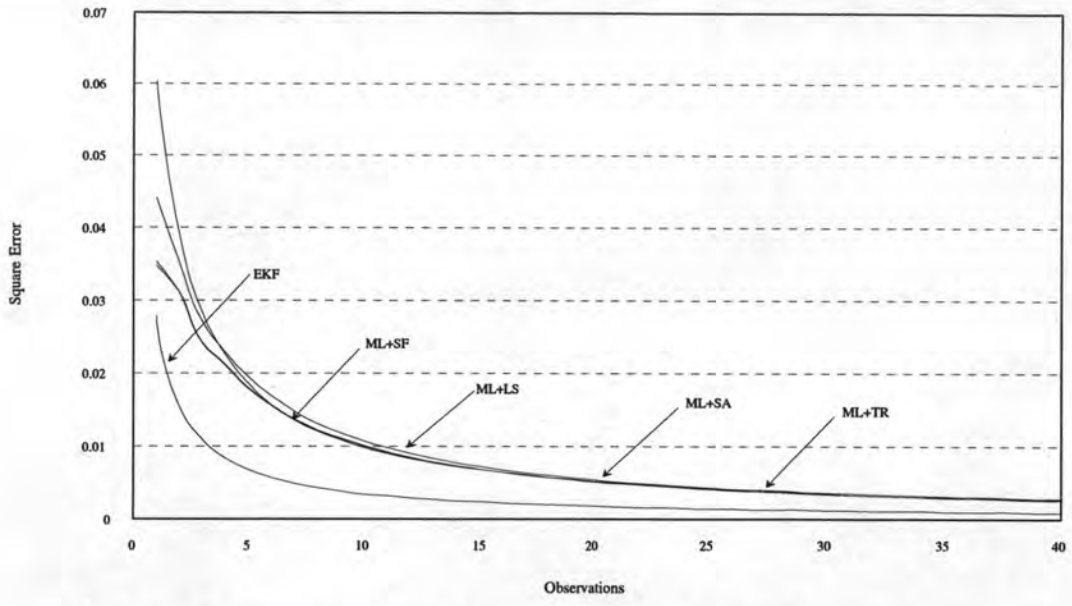
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** , **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ซึ่งให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 4 Group 4 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 4 Group 4 บนแกน Y เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, **Torrieri (TR),** และ **Stansfield (SF)** ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกัน รองลงมาคือ **Least Square (LS)** ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

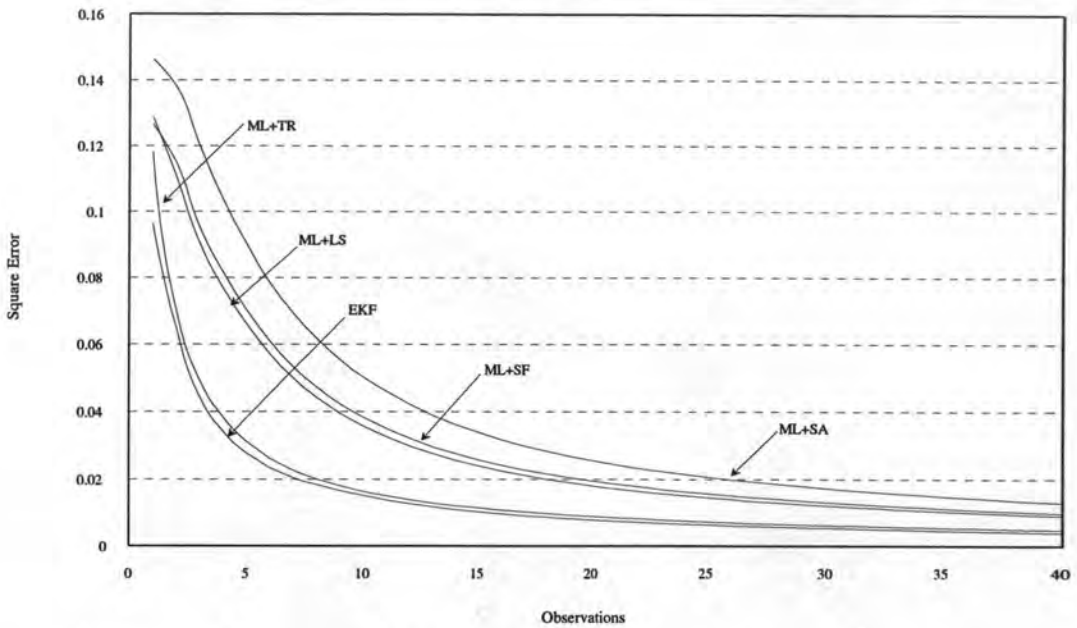


รูปที่ 3.30 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group1 บนแกน X

ตารางที่ 3.27 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group1 บนแกน X

Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR	Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR
1	0.0279	0.0441	0.0348	0.0353	0.0604	21	0.0017	0.0051	0.0049	0.0049	0.0050
2	0.0156	0.0354	0.0312	0.0312	0.0394	22	0.0016	0.0049	0.0047	0.0047	0.0048
3	0.0110	0.0272	0.0243	0.0242	0.0285	23	0.0016	0.0047	0.0045	0.0045	0.0046
4	0.0084	0.0229	0.0212	0.0211	0.0226	24	0.0015	0.0045	0.0043	0.0043	0.0044
5	0.0068	0.0195	0.018	0.0179	0.0186	25	0.0014	0.0043	0.0041	0.0041	0.0042
6	0.0057	0.0169	0.0157	0.0156	0.0157	26	0.0014	0.0041	0.0040	0.0039	0.0041
7	0.0049	0.0148	0.0137	0.0136	0.0136	27	0.0013	0.0040	0.0038	0.0038	0.004
8	0.0043	0.0131	0.0122	0.0121	0.0121	28	0.0013	0.0039	0.0037	0.0037	0.0038
9	0.0038	0.0118	0.0111	0.0110	0.0109	29	0.0013	0.0037	0.0036	0.0035	0.0037
10	0.0034	0.0107	0.0101	0.0100	0.0098	30	0.0012	0.0036	0.0035	0.0034	0.0036
11	0.0032	0.0098	0.0092	0.0091	0.009	31	0.0012	0.0035	0.0033	0.0033	0.0035
12	0.0029	0.0090	0.0085	0.0084	0.0083	32	0.0011	0.0034	0.0032	0.0032	0.0034
13	0.0027	0.0083	0.0078	0.0078	0.0077	33	0.0011	0.0033	0.0031	0.0031	0.0033
14	0.0025	0.0077	0.0073	0.0072	0.0072	34	0.0011	0.0032	0.0030	0.003	0.0032
15	0.0024	0.0072	0.0068	0.0068	0.0068	35	0.0010	0.0031	0.0030	0.0029	0.0031
16	0.0022	0.0067	0.0064	0.0064	0.0064	36	0.0010	0.0030	0.0029	0.0029	0.0030
17	0.0021	0.0063	0.0061	0.0060	0.0060	37	0.0010	0.0029	0.0028	0.0028	0.0030
18	0.0020	0.0060	0.0057	0.0057	0.0057	38	0.0010	0.0028	0.0027	0.0027	0.0029
19	0.0019	0.0057	0.0054	0.0054	0.0055	39	0.0009	0.0028	0.0027	0.0026	0.0028
20	0.0018	0.0054	0.0052	0.0051	0.0052	40	0.0009	0.0027	0.0026	0.0026	0.0028

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.31 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group1 บนแกน Y

ตารางที่ 3.28 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group1 บนแกน Y

Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR	Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR
1	0.0962	0.1463	0.1288	0.1266	0.1181	21	0.0075	0.0244	0.0172	0.0186	0.0085
2	0.0654	0.1381	0.1109	0.1151	0.0707	22	0.0072	0.0233	0.0164	0.0178	0.0082
3	0.0449	0.1204	0.0909	0.0957	0.0497	23	0.0069	0.0224	0.0157	0.0170	0.0079
4	0.0343	0.1036	0.0768	0.0816	0.0385	24	0.0066	0.0215	0.0151	0.0163	0.0076
5	0.0279	0.0903	0.0662	0.0704	0.0313	25	0.0064	0.0206	0.0145	0.0157	0.0073
6	0.0235	0.0784	0.0572	0.0610	0.0263	26	0.0061	0.0199	0.0140	0.0151	0.0071
7	0.0204	0.0693	0.0500	0.0533	0.0227	27	0.0059	0.0192	0.0134	0.0145	0.0068
8	0.0184	0.0617	0.0442	0.0473	0.0201	28	0.0057	0.0185	0.0130	0.0140	0.0066
9	0.0166	0.0553	0.0395	0.0423	0.0180	29	0.0055	0.0179	0.0125	0.0136	0.0064
10	0.0151	0.0501	0.0357	0.0383	0.0163	30	0.0054	0.0173	0.0121	0.0131	0.0062
11	0.0138	0.0459	0.0326	0.0350	0.0150	31	0.0052	0.0167	0.0117	0.0127	0.0061
12	0.0127	0.0422	0.0299	0.0322	0.0139	32	0.0050	0.0162	0.0114	0.0123	0.0059
13	0.0118	0.0390	0.0277	0.0297	0.0129	33	0.0049	0.0157	0.011	0.0119	0.0057
14	0.0110	0.0363	0.0257	0.0277	0.0121	34	0.0047	0.0153	0.0107	0.0116	0.0056
15	0.0103	0.0339	0.0240	0.0258	0.0115	35	0.0046	0.0148	0.0104	0.0112	0.0054
16	0.0097	0.0318	0.0225	0.0242	0.0108	36	0.0045	0.0144	0.0101	0.0109	0.0053
17	0.0091	0.03	0.0212	0.0228	0.0103	37	0.0044	0.014	0.0098	0.0106	0.0052
18	0.0087	0.0284	0.0200	0.0216	0.0098	38	0.0043	0.0137	0.0096	0.0104	0.0050
19	0.0082	0.0269	0.0190	0.0205	0.0093	39	0.0041	0.0133	0.0093	0.0101	0.0049
20	0.0079	0.0256	0.0180	0.0195	0.0089	40	0.0040	0.0130	0.0091	0.0098	0.0048

ผลการทดลองของ Case 5 Group 1

1. ผลการทดลองของ Case 5 Group 1 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 5 Group 1 บนแกน X คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

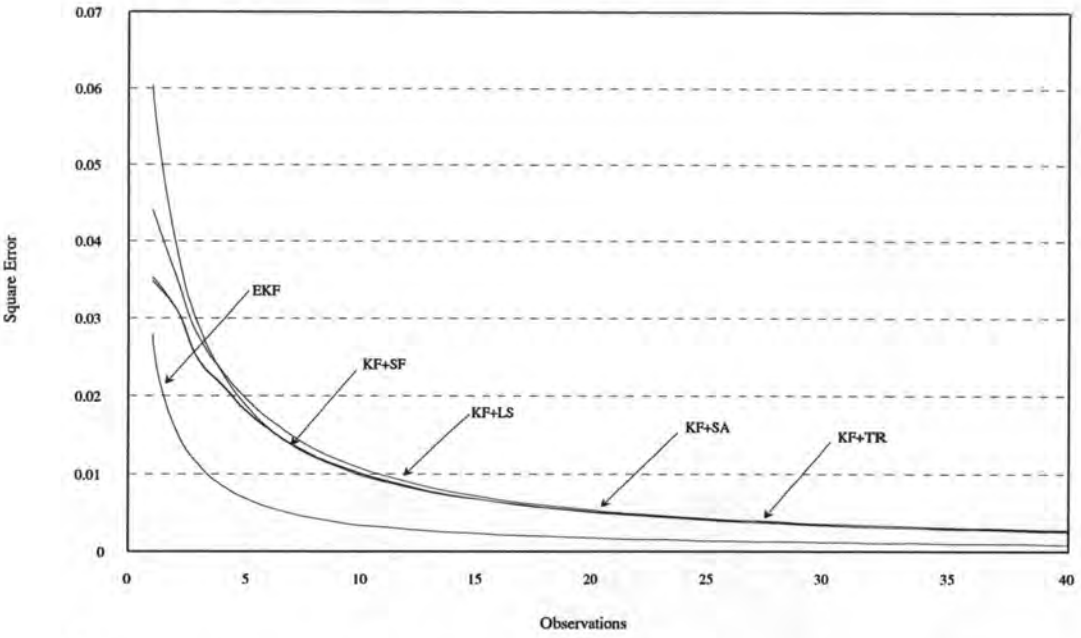
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Simple Average (SA)** ,**Stansfield (SF)** , **Torrieri (TR)** , และ **Least Square (LS)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน

2. ผลการทดลองของ Case 5 Group 1 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 5 Group 1 บนแกน Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด , รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** , **Least Square (LS)** ,**Stansfield (SF)**, ตามลำดับ และ **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

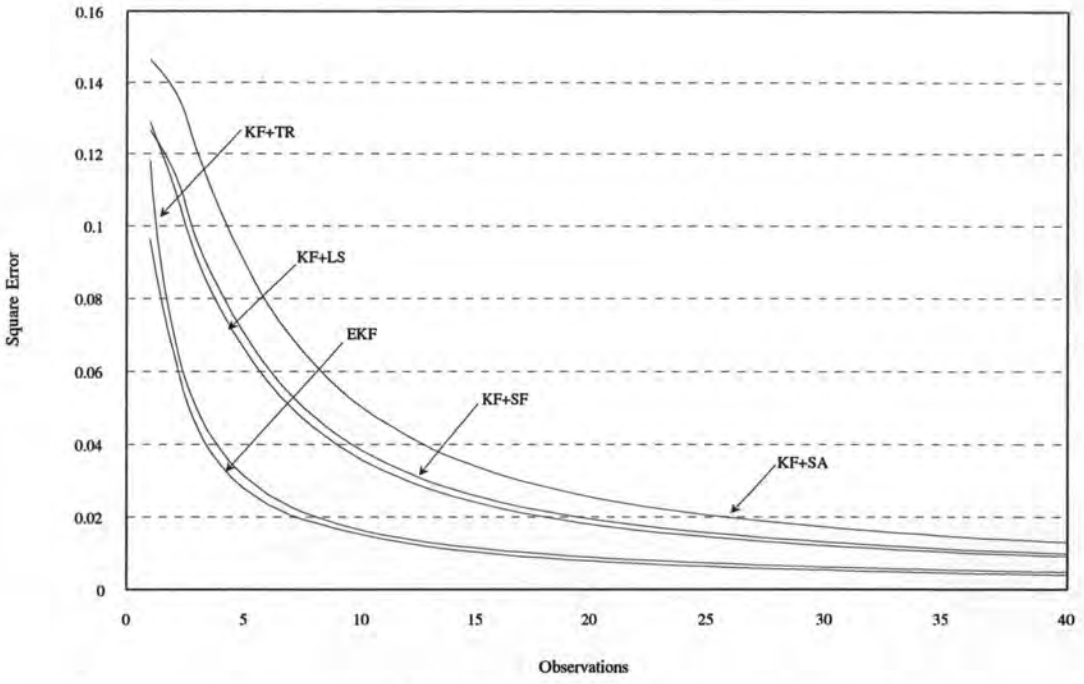


รูปที่ 3.32 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group2 บนแกน X

ตารางที่ 3.29 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group2 บนแกน X

Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR	Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR
1	0.0279	0.0441	0.0348	0.0353	0.0604	21	0.0017	0.0051	0.0049	0.0049	0.0050
2	0.0156	0.0354	0.0312	0.0312	0.0394	22	0.0016	0.0049	0.0047	0.0047	0.0048
3	0.0110	0.0272	0.0243	0.0242	0.0285	23	0.0016	0.0047	0.0045	0.0045	0.0046
4	0.0084	0.0229	0.0212	0.0211	0.0226	24	0.0015	0.0045	0.0043	0.0043	0.0044
5	0.0068	0.0195	0.018	0.0179	0.0186	25	0.0014	0.0043	0.0041	0.0041	0.0042
6	0.0057	0.0169	0.0157	0.0156	0.0157	26	0.0014	0.0041	0.0040	0.0039	0.0041
7	0.0049	0.0148	0.0137	0.0136	0.0136	27	0.0013	0.0040	0.0038	0.0038	0.004
8	0.0043	0.0131	0.0122	0.0121	0.0121	28	0.0013	0.0039	0.0037	0.0037	0.0038
9	0.0038	0.0118	0.0111	0.0110	0.0109	29	0.0013	0.0037	0.0036	0.0035	0.0037
10	0.0034	0.0107	0.0101	0.0100	0.0098	30	0.0012	0.0036	0.0035	0.0034	0.0036
11	0.0032	0.0098	0.0092	0.0091	0.009	31	0.0012	0.0035	0.0033	0.0033	0.0035
12	0.0029	0.0090	0.0085	0.0084	0.0083	32	0.0011	0.0034	0.0032	0.0032	0.0034
13	0.0027	0.0083	0.0078	0.0078	0.0077	33	0.0011	0.0033	0.0031	0.0031	0.0033
14	0.0025	0.0077	0.0073	0.0072	0.0072	34	0.0011	0.0032	0.0030	0.0030	0.0032
15	0.0024	0.0072	0.0068	0.0068	0.0068	35	0.0010	0.0031	0.003	0.0029	0.0031
16	0.0022	0.0067	0.0064	0.0064	0.0064	36	0.0010	0.0030	0.0029	0.0029	0.0030
17	0.0021	0.0063	0.0061	0.0060	0.0060	37	0.0010	0.0029	0.0028	0.0028	0.0030
18	0.0020	0.0060	0.0057	0.0057	0.0057	38	0.0010	0.0028	0.0027	0.0027	0.0029
19	0.0019	0.0057	0.0054	0.0054	0.0055	39	0.0009	0.0028	0.0027	0.0026	0.0028
20	0.0018	0.0054	0.0052	0.0051	0.0052	40	0.0009	0.0027	0.0026	0.0026	0.0028

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.33 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group2 บนแกน Y

ตารางที่ 3.30 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group2 บนแกน Y

Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR	Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR
1	0.0962	0.1463	0.1288	0.1266	0.1181	21	0.0075	0.0244	0.0172	0.0186	0.0085
2	0.0654	0.1381	0.1109	0.1151	0.0707	22	0.0072	0.0233	0.0164	0.0178	0.0082
3	0.0449	0.1204	0.0909	0.0957	0.0497	23	0.0069	0.0224	0.0157	0.017	0.0079
4	0.0343	0.1036	0.0768	0.0816	0.0385	24	0.0066	0.0215	0.0151	0.0163	0.0076
5	0.0279	0.0903	0.0662	0.0704	0.0313	25	0.0064	0.0206	0.0145	0.0157	0.0073
6	0.0235	0.0784	0.0572	0.0610	0.0263	26	0.0061	0.0199	0.0140	0.0151	0.0071
7	0.0204	0.0693	0.0500	0.0533	0.0227	27	0.0059	0.0192	0.0134	0.0145	0.0068
8	0.0184	0.0617	0.0442	0.0473	0.0201	28	0.0057	0.0185	0.0130	0.0140	0.0066
9	0.0166	0.0553	0.0395	0.0423	0.018	29	0.0055	0.0179	0.0125	0.0136	0.0064
10	0.0151	0.0501	0.0357	0.0383	0.0163	30	0.0054	0.0173	0.0121	0.0131	0.0062
11	0.0138	0.0459	0.0326	0.0350	0.0150	31	0.0052	0.0167	0.0117	0.0127	0.0061
12	0.0127	0.0422	0.0299	0.0322	0.0139	32	0.0050	0.0162	0.0114	0.0123	0.0059
13	0.0118	0.0390	0.0277	0.0297	0.0129	33	0.0049	0.0157	0.011	0.0119	0.0057
14	0.011	0.0363	0.0257	0.0277	0.0121	34	0.0047	0.0153	0.0107	0.0116	0.0056
15	0.0103	0.0339	0.0240	0.0258	0.0115	35	0.0046	0.0148	0.0104	0.0112	0.0054
16	0.0097	0.0318	0.0225	0.0242	0.0108	36	0.0045	0.0144	0.0101	0.0109	0.0053
17	0.0091	0.0300	0.0212	0.0228	0.0103	37	0.0044	0.0140	0.0098	0.0106	0.0052
18	0.0087	0.0284	0.0200	0.0216	0.0098	38	0.0043	0.0137	0.0096	0.0104	0.0050
19	0.0082	0.0269	0.0190	0.0205	0.0093	39	0.0041	0.0133	0.0093	0.0101	0.0049
20	0.0079	0.0256	0.0180	0.0195	0.0089	40	0.0040	0.0130	0.0091	0.0098	0.0048

ผลการทดลองของ Case 5 Group 2

1. ผลการทดลองของ Case 5 Group 2 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 5 Group 2 บนแกน X คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

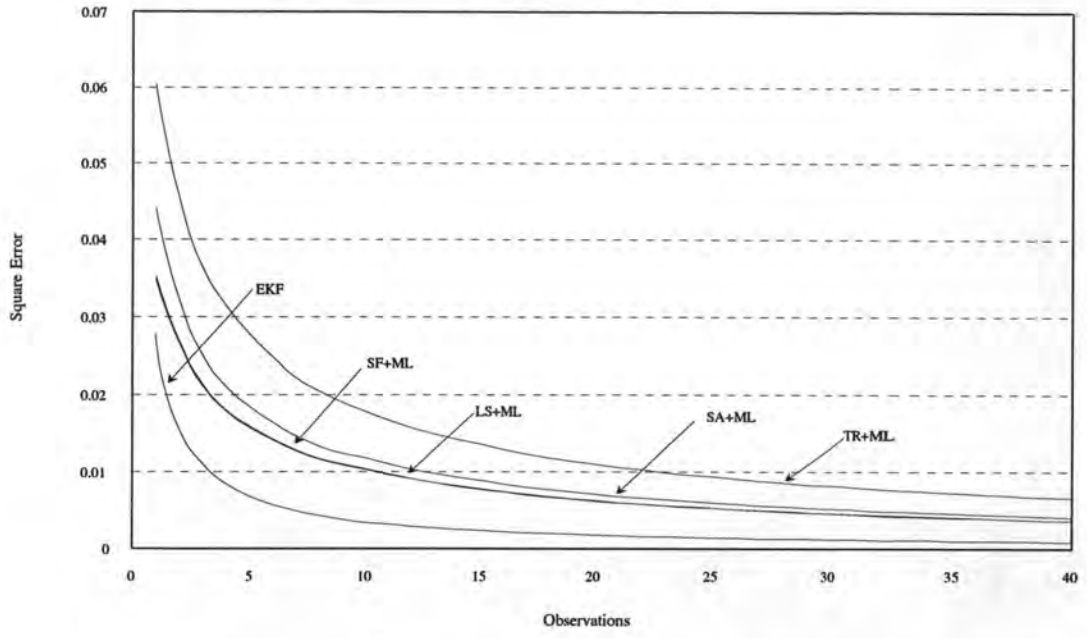
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ความแม่นยำมากที่สุด , **Simple Average (SA)** , **Stansfield (SF)** , **Torrieri (TR)** , และ **Least Square (LS)** ให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน

2. ผลการทดลองของ Case 5 Group 2 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 5 Group 2 บนแกน Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด , รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** , **Least Square (LS)** ,**Stansfield (SF)**, ตามลำดับ และ **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



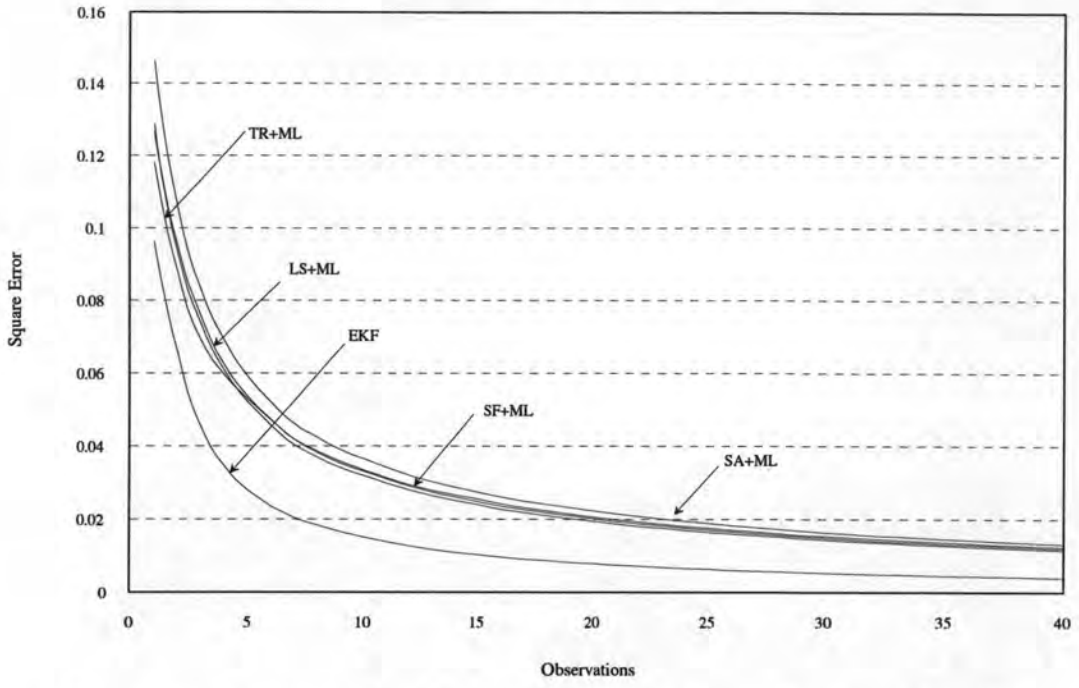
รูปที่ 3.34 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group3 บนแกน X

ตารางที่ 3.31 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group3 บนแกน X

Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML	Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML
1	0.0279	0.0441	0.0348	0.0353	0.0604	21	0.0017	0.0068	0.006	0.006	0.0106
2	0.0156	0.0323	0.0268	0.027	0.0455	22	0.0016	0.0066	0.0058	0.0058	0.0103
3	0.0110	0.025	0.0211	0.0213	0.0362	23	0.0016	0.0064	0.0056	0.0056	0.0099
4	0.0084	0.0209	0.0178	0.0179	0.0313	24	0.0015	0.0062	0.0054	0.0055	0.0096
5	0.0068	0.0184	0.0157	0.0159	0.0277	25	0.0014	0.006	0.0053	0.0053	0.0094
6	0.0057	0.0164	0.0141	0.0142	0.0248	26	0.0014	0.0058	0.0051	0.0051	0.0091
7	0.0049	0.0146	0.0127	0.0128	0.0221	27	0.0013	0.0056	0.0050	0.0050	0.0088
8	0.0043	0.0133	0.0116	0.0117	0.0204	28	0.0013	0.0055	0.0048	0.0049	0.0086
9	0.0038	0.0124	0.0109	0.0110	0.019	29	0.0013	0.0053	0.0047	0.0047	0.0083
10	0.0034	0.0118	0.0103	0.0104	0.0178	30	0.0012	0.0052	0.0046	0.0046	0.0082
11	0.0032	0.0110	0.0096	0.0097	0.0167	31	0.0012	0.0051	0.0045	0.0045	0.0080
12	0.0029	0.0103	0.0091	0.0091	0.0157	32	0.0011	0.0049	0.0043	0.0044	0.0078
13	0.0027	0.0098	0.0086	0.0086	0.0149	33	0.0011	0.0048	0.0042	0.0043	0.0076
14	0.0025	0.0093	0.0081	0.0082	0.0142	34	0.0011	0.0047	0.0041	0.0042	0.0074
15	0.0024	0.0089	0.0077	0.0078	0.0136	35	0.0010	0.0046	0.0040	0.0041	0.0073
16	0.0022	0.0084	0.0074	0.0074	0.0129	36	0.0010	0.0045	0.0040	0.0040	0.0071
17	0.0021	0.0080	0.0070	0.0071	0.0123	37	0.0010	0.0044	0.0039	0.0039	0.0070
18	0.0020	0.0077	0.0067	0.0068	0.0118	38	0.0010	0.0043	0.0038	0.0038	0.0068
19	0.0019	0.0074	0.0065	0.0065	0.0114	39	0.0009	0.0042	0.0037	0.0037	0.0067
20	0.0018	0.0071	0.0062	0.0063	0.0110	40	0.0009	0.0041	0.00037	0.0037	0.0066

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.35 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group3 บนแกน Y

ตารางที่ 3.32 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group3 บนแกน Y

Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML	Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML
1	0.0962	0.1463	0.1288	0.1266	0.1181	21	0.0075	0.0215	0.0188	0.0194	0.0199
2	0.0654	0.1054	0.0928	0.0947	0.0875	22	0.0072	0.0208	0.0181	0.0188	0.0193
3	0.0449	0.0824	0.0731	0.0752	0.0687	23	0.0069	0.0201	0.0176	0.0182	0.0187
4	0.0343	0.0686	0.0604	0.0619	0.0593	24	0.0066	0.0195	0.017	0.0176	0.0181
5	0.0279	0.0590	0.0520	0.0535	0.0528	25	0.0064	0.0189	0.0165	0.0171	0.0176
6	0.0235	0.0519	0.0455	0.0471	0.0470	26	0.0061	0.0183	0.0160	0.0166	0.0171
7	0.0204	0.046	0.0403	0.0418	0.0418	27	0.0059	0.0178	0.0156	0.0161	0.0166
8	0.0184	0.0424	0.0370	0.0382	0.0386	28	0.0057	0.0173	0.0152	0.0157	0.0161
9	0.0166	0.0390	0.0341	0.0353	0.0358	29	0.0055	0.0169	0.0148	0.0153	0.0157
10	0.0151	0.0365	0.0319	0.0331	0.0334	30	0.0054	0.0164	0.0144	0.0149	0.0154
11	0.0138	0.0341	0.0298	0.0309	0.0313	31	0.0052	0.0160	0.0140	0.0145	0.0150
12	0.0127	0.0320	0.0280	0.0291	0.0294	32	0.0050	0.0156	0.0137	0.0142	0.0147
13	0.0118	0.0303	0.0265	0.0275	0.0279	33	0.0049	0.0153	0.0134	0.0138	0.0143
14	0.011	0.0288	0.0252	0.0261	0.0267	34	0.0047	0.0149	0.0130	0.0135	0.0140
15	0.0103	0.0274	0.0240	0.0248	0.0255	35	0.0046	0.0146	0.0128	0.0132	0.0137
16	0.0097	0.0261	0.0228	0.0237	0.0243	36	0.0045	0.0143	0.0125	0.0130	0.0134
17	0.0091	0.0250	0.0219	0.0227	0.0232	37	0.0044	0.0140	0.0123	0.0127	0.0131
18	0.0087	0.0241	0.0210	0.0218	0.0223	38	0.0043	0.0137	0.0120	0.0125	0.0129
19	0.0082	0.0232	0.0202	0.0210	0.0214	39	0.0041	0.0134	0.0118	0.0122	0.0126
20	0.0079	0.0223	0.0195	0.0202	0.0206	40	0.0040	0.0132	0.0116	0.0120	0.0124

ผลการทดลองของ Case 5 Group 3

1. ผลการทดลองของ Case 5 Group 3 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 5 Group 3 บนแกน X เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

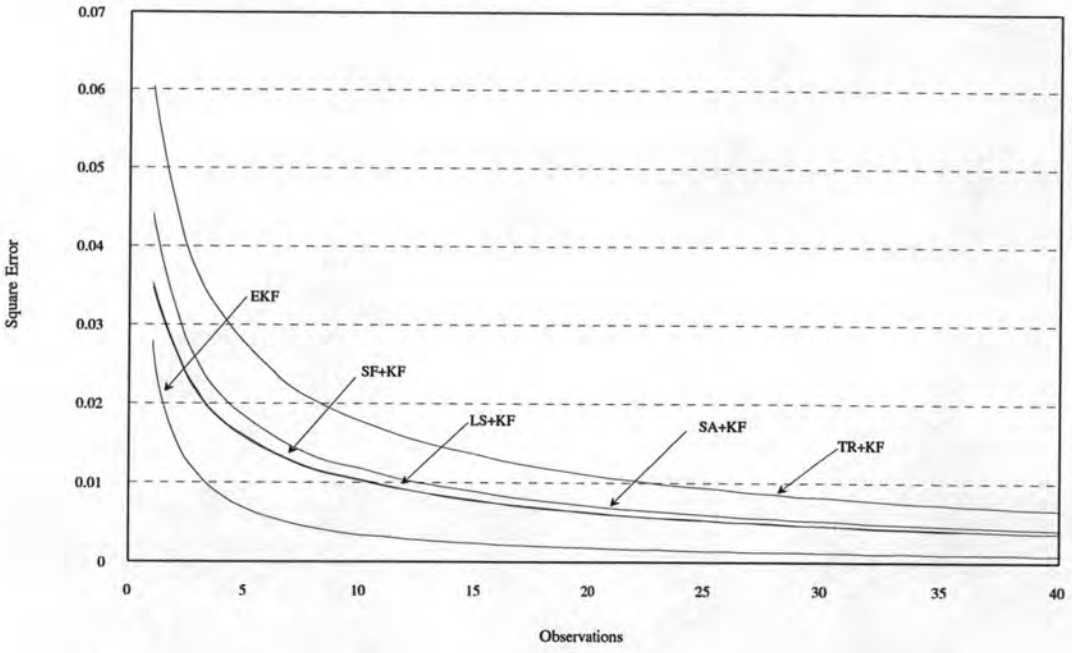
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ซึ่งให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน รองลงมาคือ **Simple Average (SA)** และ**Torrieri (TR)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 5 Group 3 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 5 Group 3 บนแกน Y เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, รองลงมาคือ **Least Square (LS), Stansfield (SF), Torrieri (TR)** ตามลำดับ ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกัน ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

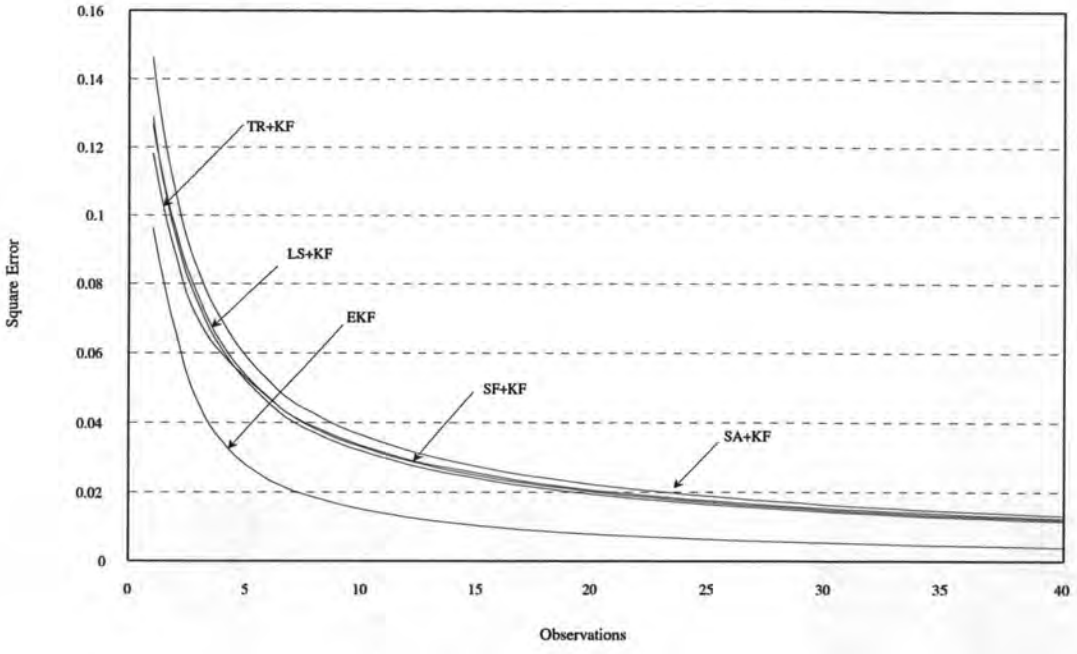


รูปที่ 3.36 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group4 บนแกน X

ตารางที่ 3.33 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group4 บนแกน X

Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF	Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF
1	0.0279	0.0441	0.0348	0.0353	0.0604	21	0.0017	0.0068	0.0060	0.0060	0.0106
2	0.0156	0.0323	0.0268	0.0270	0.0455	22	0.0016	0.0066	0.0058	0.0058	0.0103
3	0.0110	0.0250	0.0211	0.0213	0.0362	23	0.0016	0.0064	0.0056	0.0056	0.0099
4	0.0084	0.0209	0.0178	0.0179	0.0313	24	0.0015	0.0062	0.0054	0.0055	0.0096
5	0.0068	0.0184	0.0157	0.0159	0.0277	25	0.0014	0.0060	0.0053	0.0053	0.0094
6	0.0057	0.0164	0.0141	0.0142	0.0248	26	0.0014	0.0058	0.0051	0.0051	0.0091
7	0.0049	0.0146	0.0127	0.0128	0.0221	27	0.0013	0.0056	0.0050	0.0050	0.0088
8	0.0043	0.0133	0.0116	0.0117	0.0204	28	0.0013	0.0055	0.0048	0.0049	0.0086
9	0.0038	0.0124	0.0109	0.0110	0.0190	29	0.0013	0.0053	0.0047	0.0047	0.0083
10	0.0034	0.0118	0.0103	0.0104	0.0178	30	0.0012	0.0052	0.0046	0.0046	0.0082
11	0.0032	0.0110	0.0096	0.0097	0.0167	31	0.0012	0.0051	0.0045	0.0045	0.0080
12	0.0029	0.0103	0.0091	0.0091	0.0157	32	0.0011	0.0049	0.0043	0.0044	0.0078
13	0.0027	0.0098	0.0086	0.0086	0.0149	33	0.0011	0.0048	0.0042	0.0043	0.0076
14	0.0025	0.0093	0.0081	0.0082	0.0142	34	0.0011	0.0047	0.0041	0.0042	0.0074
15	0.0024	0.0089	0.0077	0.0078	0.0136	35	0.0010	0.0046	0.0040	0.0041	0.0073
16	0.0022	0.0084	0.0074	0.0074	0.0129	36	0.0010	0.0045	0.0040	0.0040	0.0071
17	0.0021	0.0080	0.0070	0.0071	0.0123	37	0.0010	0.0044	0.0039	0.0039	0.0070
18	0.0020	0.0077	0.0067	0.0068	0.0118	38	0.0010	0.0043	0.0038	0.0038	0.0068
19	0.0019	0.0074	0.0065	0.0065	0.0114	39	0.0009	0.0042	0.0037	0.0037	0.0067
20	0.0018	0.0071	0.0062	0.0063	0.011	40	0.0009	0.0041	0.0037	0.0037	0.0066

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.37 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group4 บนแกน Y

ตารางที่ 3.34 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case5 Group4 บนแกน Y

Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF	Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF
1	0.0962	0.1463	0.1288	0.1266	0.1181	21	0.0075	0.0215	0.0188	0.0194	0.0199
2	0.0654	0.1054	0.0928	0.0947	0.0875	22	0.0072	0.0208	0.0181	0.0188	0.0193
3	0.0449	0.0824	0.0731	0.0752	0.0687	23	0.0069	0.0201	0.0176	0.0182	0.0187
4	0.0343	0.0686	0.0604	0.0619	0.0593	24	0.0066	0.0195	0.0170	0.0176	0.0181
5	0.0279	0.0590	0.0520	0.0535	0.0528	25	0.0064	0.0189	0.0165	0.0171	0.0176
6	0.0235	0.0519	0.0455	0.0471	0.0470	26	0.0061	0.0183	0.0160	0.0166	0.0171
7	0.0204	0.0460	0.0403	0.0418	0.0418	27	0.0059	0.0178	0.0156	0.0161	0.0166
8	0.0184	0.0424	0.0370	0.0382	0.0386	28	0.0057	0.0173	0.0152	0.0157	0.0161
9	0.0166	0.0390	0.0341	0.0353	0.0358	29	0.0055	0.0169	0.0148	0.0153	0.0157
10	0.0151	0.0365	0.0319	0.0331	0.0334	30	0.0054	0.0164	0.0144	0.0149	0.0154
11	0.0138	0.0341	0.0298	0.0309	0.0313	31	0.0052	0.0160	0.0140	0.0145	0.0150
12	0.0127	0.0320	0.0280	0.0291	0.0294	32	0.0050	0.0156	0.0137	0.0142	0.0147
13	0.0118	0.0303	0.0265	0.0275	0.0279	33	0.0049	0.0153	0.0134	0.0138	0.0143
14	0.0110	0.0288	0.0252	0.0261	0.0267	34	0.0047	0.0149	0.0130	0.0135	0.0140
15	0.0103	0.0274	0.0240	0.0248	0.0255	35	0.0046	0.0146	0.0128	0.0132	0.0137
16	0.0097	0.0261	0.0228	0.0237	0.0243	36	0.0045	0.0143	0.0125	0.013	0.0134
17	0.0091	0.0250	0.0219	0.0227	0.0232	37	0.0044	0.014	0.0123	0.0127	0.0131
18	0.0087	0.0241	0.0210	0.0218	0.0223	38	0.0043	0.0137	0.0120	0.0125	0.0129
19	0.0082	0.0232	0.0202	0.0210	0.0214	39	0.0041	0.0134	0.0118	0.0122	0.0126
20	0.0079	0.0223	0.0195	0.0202	0.0206	40	0.0040	0.0132	0.0116	0.0120	0.0124

ผลการทดลองของ Case 5 Group 4

1. ผลการทดลองของ Case 5 Group 4 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 5 Group 4 บนแกน X เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

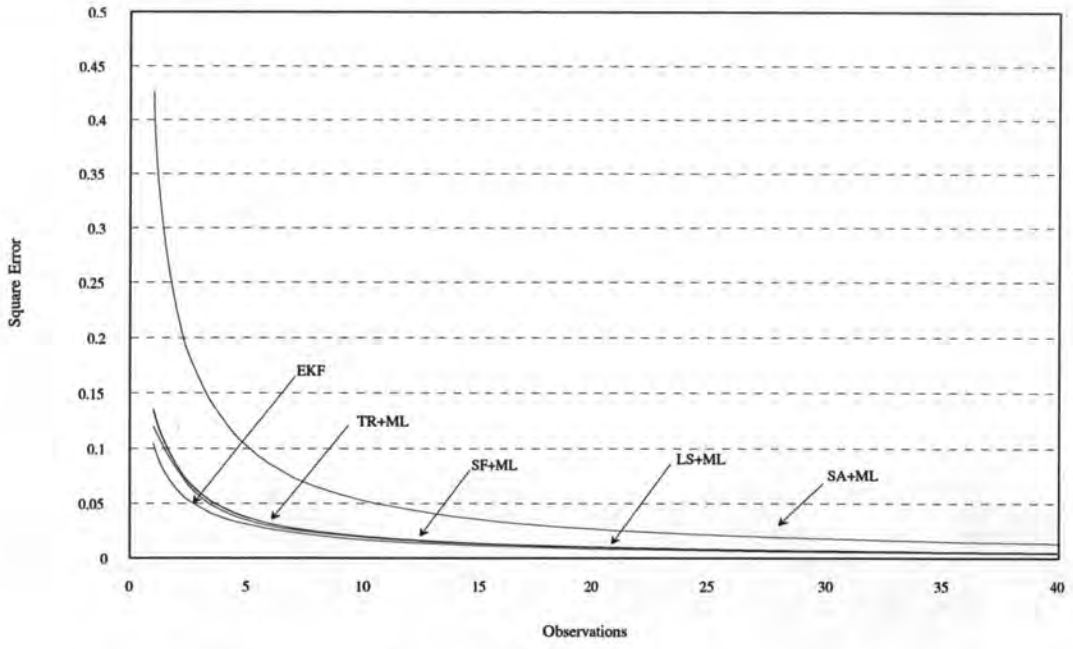
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ซึ่งให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน รองลงมาคือ **Simple Average (SA)** และ**Torrieri (TR)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 5 Group 4 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 5 Group 4 บนแกน Y เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, รองลงมาคือ **Least Square (LS), Stansfield (SF), Torrieri (TR)** ตามลำดับ ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกัน ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

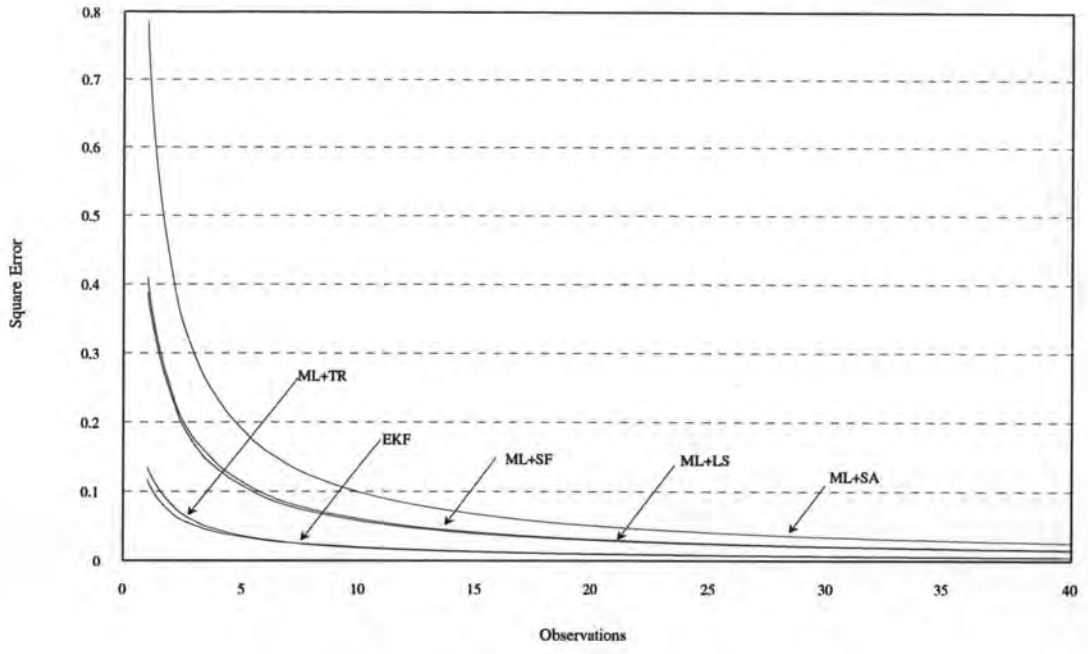


รูปที่ 3.38 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group1 บนแกน X

ตารางที่ 3.35 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group1 บนแกน X

Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR	Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR
1	0.1050	0.4265	0.1346	0.136	0.1204	21	0.0082	0.0253	0.0097	0.0098	0.0094
2	0.0632	0.2252	0.0850	0.0853	0.0820	22	0.0079	0.0242	0.0093	0.0093	0.0090
3	0.0463	0.1612	0.0593	0.0597	0.0562	23	0.0075	0.0232	0.0089	0.0089	0.0086
4	0.0366	0.1261	0.0457	0.0460	0.0429	24	0.0072	0.0222	0.0085	0.0086	0.0083
5	0.0310	0.1024	0.0373	0.0375	0.0348	25	0.0069	0.0213	0.0082	0.0083	0.0079
6	0.0265	0.0855	0.0312	0.0315	0.0294	26	0.0067	0.0205	0.0079	0.0079	0.0076
7	0.0235	0.0735	0.0271	0.0273	0.0257	27	0.0064	0.0198	0.0076	0.0077	0.0074
8	0.0207	0.0650	0.0243	0.0244	0.0232	28	0.0062	0.0191	0.0073	0.0074	0.0071
9	0.0185	0.0581	0.0219	0.0221	0.0210	29	0.0060	0.0184	0.0071	0.0071	0.0069
10	0.0168	0.0524	0.0198	0.0199	0.0190	30	0.0058	0.0178	0.0069	0.0069	0.0067
11	0.0153	0.0478	0.0181	0.0182	0.0174	31	0.0056	0.0172	0.0067	0.0067	0.0064
12	0.0141	0.0439	0.0166	0.0167	0.016	32	0.0055	0.0167	0.0064	0.0065	0.0062
13	0.0131	0.0405	0.0154	0.0155	0.0148	33	0.0053	0.0162	0.0063	0.0063	0.0061
14	0.0122	0.0377	0.0143	0.0144	0.0138	34	0.0051	0.0157	0.0061	0.0061	0.0059
15	0.0115	0.0352	0.0134	0.0135	0.0129	35	0.0050	0.0153	0.0059	0.0059	0.0057
16	0.0108	0.0330	0.0126	0.0127	0.0122	36	0.0049	0.0148	0.0057	0.0058	0.0056
17	0.0101	0.0311	0.0119	0.0119	0.0114	37	0.0047	0.0144	0.0056	0.0056	0.0054
18	0.0096	0.0294	0.0112	0.0113	0.0108	38	0.0046	0.0141	0.0054	0.0055	0.0053
19	0.0091	0.0279	0.0107	0.0107	0.0103	39	0.0045	0.0137	0.0053	0.0053	0.0051
20	0.0086	0.0266	0.0102	0.0102	0.0098	40	0.0044	0.0134	0.0052	0.0052	0.0050

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.39 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group1 บนแกน Y

ตารางที่ 3.36 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group1 บนแกน Y

Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR	Obsv	EKF	ML+SA	ML+LS	ML+SF	ML+TR
1	0.1166	0.7860	0.3878	0.4099	0.1338	21	0.0091	0.0485	0.0284	0.0296	0.0098
2	0.0702	0.4297	0.2414	0.2491	0.0828	22	0.0088	0.0463	0.0272	0.0283	0.0093
3	0.0514	0.2986	0.1681	0.1750	0.0574	23	0.0083	0.0443	0.0260	0.0271	0.0090
4	0.0407	0.2321	0.1310	0.1374	0.0444	24	0.0080	0.0425	0.0249	0.0260	0.0086
5	0.0344	0.1894	0.1081	0.1136	0.0361	25	0.0077	0.0408	0.0240	0.0250	0.0083
6	0.0294	0.1583	0.0906	0.0951	0.0304	26	0.0074	0.0393	0.0230	0.0240	0.0080
7	0.0261	0.1367	0.0786	0.0824	0.0262	27	0.0071	0.0378	0.0222	0.0231	0.0077
8	0.0230	0.1216	0.0703	0.0736	0.0239	28	0.0068	0.0365	0.0214	0.0223	0.0074
9	0.0206	0.1093	0.0635	0.0664	0.0217	29	0.0065	0.0352	0.0207	0.0216	0.0072
10	0.0187	0.0989	0.0576	0.0602	0.0197	30	0.0063	0.0341	0.0200	0.0208	0.0069
11	0.0170	0.0905	0.0527	0.0550	0.0181	31	0.0061	0.0330	0.0194	0.0202	0.0067
12	0.0157	0.0833	0.0486	0.0507	0.0166	32	0.0059	0.0319	0.0188	0.0196	0.0065
13	0.0146	0.0772	0.0454	0.0470	0.0154	33	0.0057	0.0310	0.0182	0.0190	0.0063
14	0.0136	0.0720	0.0420	0.0439	0.0144	34	0.0055	0.0301	0.0177	0.0184	0.0061
15	0.0128	0.0674	0.0394	0.0411	0.0134	35	0.0054	0.0292	0.0172	0.0179	0.0059
16	0.012	0.0632	0.0370	0.0386	0.0126	36	0.0053	0.0284	0.0167	0.0174	0.0058
17	0.0112	0.0596	0.0348	0.0363	0.0119	37	0.0052	0.0276	0.0162	0.0169	0.0056
18	0.0107	0.0564	0.0330	0.0344	0.0113	38	0.0051	0.0269	0.0158	0.0165	0.0055
19	0.0101	0.0535	0.0313	0.0326	0.0107	39	0.0050	0.0262	0.0154	0.0161	0.0053
20	0.0096	0.0509	0.0298	0.0310	0.0102	40	0.0049	0.0256	0.0150	0.0157	0.0052

ผลการทดลองของ Case 6 Group 1

1. ผลการทดลองของ Case 6 Group 1 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 6 Group 1 บนแกน X คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

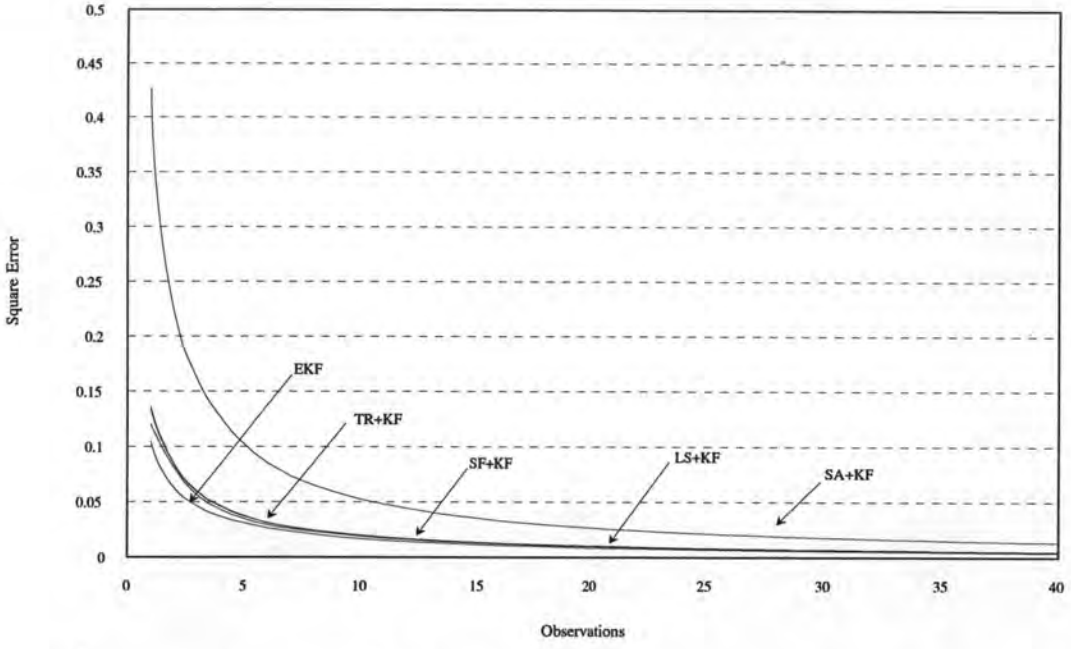
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Torrieri (TR), Stansfield (SF),** และ **Least Square (LS)** ซึ่งให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 6 Group 1 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 6 Group 1 บนแกน Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด , รองลงมาคือ **Torrieri (TR)** , **Least Square (LS)** ,**Stansfield (SF),** ตามลำดับ และ **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

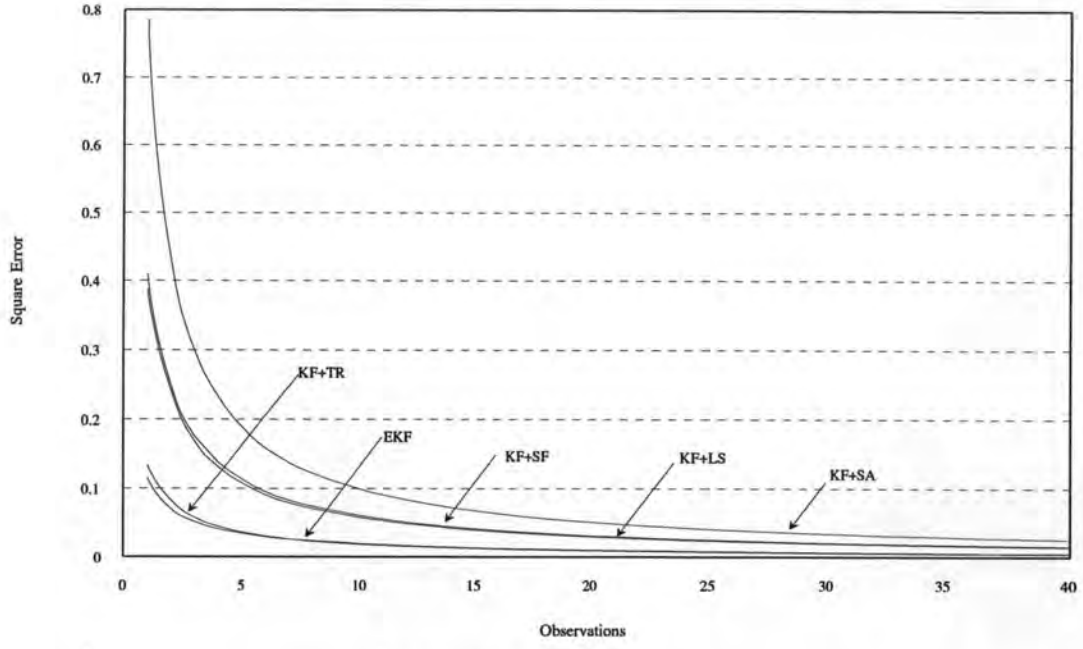


รูปที่ 3.40 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group2 บนแกน X

ตารางที่ 3.37 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group2 บนแกน X

Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR	Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR
1	0.105	0.4265	0.1346	0.1360	0.1204	21	0.0082	0.0253	0.0097	0.0098	0.094
2	0.0632	0.2252	0.0850	0.0853	0.0820	22	0.0079	0.0242	0.0093	0.0093	0.0090
3	0.0463	0.1612	0.0593	0.0597	0.0562	23	0.0075	0.0232	0.0089	0.0089	0.0086
4	0.0366	0.1261	0.0457	0.0460	0.0429	24	0.0072	0.0222	0.0085	0.0086	0.0083
5	0.0310	0.1024	0.0373	0.0375	0.0348	25	0.0069	0.0213	0.0082	0.0083	0.0079
6	0.0265	0.0855	0.0312	0.0315	0.0294	26	0.0067	0.0205	0.0079	0.0079	0.0076
7	0.0235	0.0735	0.0271	0.0273	0.0257	27	0.0064	0.0198	0.0076	0.0077	0.0074
8	0.0207	0.0650	0.0243	0.0244	0.0232	28	0.0062	0.0191	0.0073	0.0074	0.0071
9	0.0185	0.0581	0.0219	0.0221	0.0210	29	0.006	0.0184	0.0071	0.0071	0.0069
10	0.0168	0.0524	0.0198	0.0199	0.0190	30	0.0058	0.0178	0.0069	0.0069	0.0067
11	0.0153	0.0478	0.0181	0.0182	0.0174	31	0.0056	0.0172	0.0067	0.0067	0.0064
12	0.0141	0.0439	0.0166	0.0167	0.0160	32	0.0055	0.0167	0.0064	0.0065	0.0062
13	0.0131	0.0405	0.0154	0.0155	0.0148	33	0.0053	0.0162	0.0063	0.0063	0.0061
14	0.0122	0.0377	0.0143	0.0144	0.0138	34	0.0051	0.0157	0.0061	0.0061	0.0059
15	0.0115	0.0352	0.0134	0.0135	0.0129	35	0.0050	0.0153	0.0059	0.0059	0.0057
16	0.0108	0.0330	0.0126	0.0127	0.0122	36	0.0049	0.0148	0.0057	0.0058	0.0056
17	0.0101	0.0311	0.0119	0.0119	0.0114	37	0.0047	0.0144	0.0056	0.0056	0.0054
18	0.0096	0.0294	0.0112	0.0113	0.0108	38	0.0046	0.0141	0.0054	0.0055	0.0053
19	0.0091	0.0279	0.0107	0.0107	0.0103	39	0.0045	0.0137	0.0053	0.0053	0.0051
20	0.0086	0.0266	0.0102	0.0102	0.0098	40	0.0044	0.0134	0.0052	0.0052	0.0050

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.41 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group2 บนแกน Y

ตารางที่ 3.38 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group2 บนแกน Y

Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR	Obsv	EKF	KF+SA	KF+LS	KF+SF	KF+TR
1	0.1166	0.7860	0.3878	0.4099	0.1338	21	0.0091	0.0485	0.0284	0.0296	0.0098
2	0.0702	0.4297	0.2414	0.2491	0.0828	22	0.0088	0.0463	0.0272	0.0283	0.0093
3	0.0514	0.2986	0.1681	0.1750	0.0574	23	0.0083	0.0443	0.0260	0.0271	0.0090
4	0.0407	0.2321	0.1310	0.1374	0.0444	24	0.008	0.0425	0.0249	0.0260	0.0086
5	0.0344	0.1894	0.1081	0.1136	0.0361	25	0.0077	0.0408	0.0240	0.0250	0.0083
6	0.0294	0.1583	0.0906	0.0951	0.0304	26	0.0074	0.0393	0.0230	0.0240	0.0080
7	0.0261	0.1367	0.0786	0.0824	0.0262	27	0.0071	0.0378	0.0222	0.0231	0.0077
8	0.0230	0.1216	0.0703	0.0736	0.0239	28	0.0068	0.0365	0.0214	0.0223	0.0074
9	0.0206	0.1093	0.0635	0.0664	0.0217	29	0.0065	0.0352	0.0207	0.0216	0.0072
10	0.0187	0.0989	0.0576	0.0602	0.0197	30	0.0063	0.0341	0.0200	0.0208	0.0069
11	0.0170	0.0905	0.0527	0.0550	0.0181	31	0.0061	0.0330	0.0194	0.0202	0.0067
12	0.0157	0.0833	0.0486	0.0507	0.0166	32	0.0059	0.0319	0.0188	0.0196	0.0065
13	0.0146	0.0772	0.0454	0.0470	0.0154	33	0.0057	0.0310	0.0182	0.0190	0.0063
14	0.0136	0.0720	0.0420	0.0439	0.0144	34	0.0055	0.0301	0.0177	0.0184	0.0061
15	0.0128	0.0674	0.0394	0.0411	0.0134	35	0.0054	0.0292	0.0172	0.0179	0.0059
16	0.0120	0.0632	0.0370	0.0386	0.0126	36	0.0053	0.0284	0.0167	0.0174	0.0058
17	0.0112	0.0596	0.0348	0.0363	0.0119	37	0.0052	0.0276	0.0162	0.0169	0.0056
18	0.0107	0.0564	0.0330	0.0344	0.0113	38	0.0051	0.0269	0.0158	0.0165	0.0055
19	0.0101	0.0535	0.0313	0.0326	0.0107	39	0.0050	0.0262	0.0154	0.0161	0.0053
20	0.0096	0.0509	0.0298	0.0310	0.0102	40	0.0049	0.0256	0.0150	0.0157	0.0052

ผลการทดลองของ Case 6 Group 2

1. ผลการทดลองของ Case 6 Group 2 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 6 Group 2 บนแกน X คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

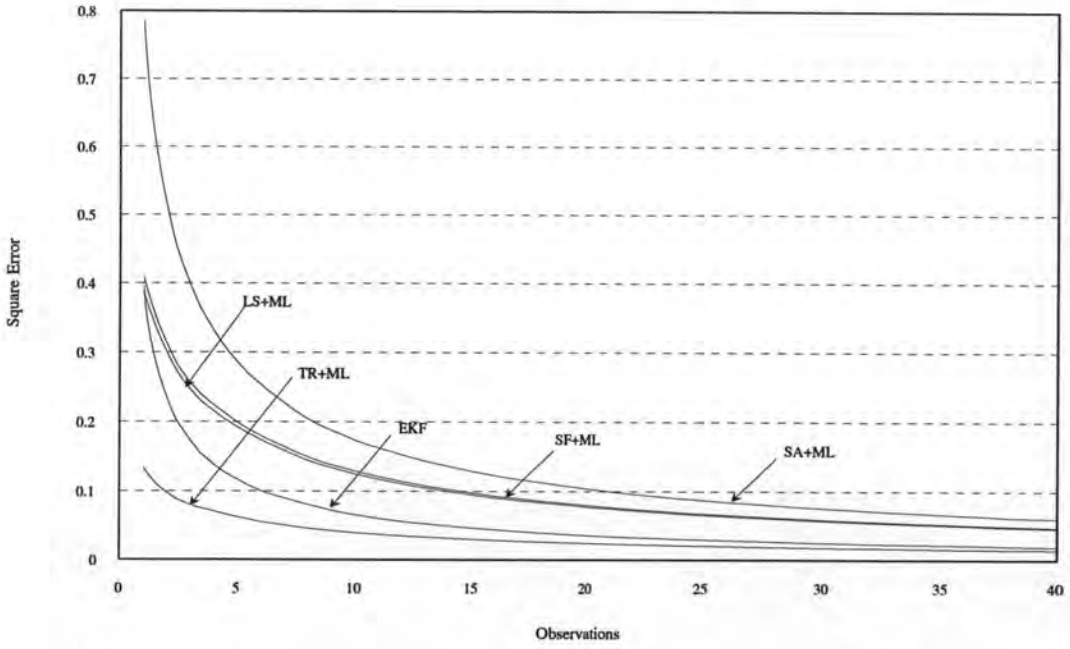
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Torrieri (TR), Stansfield (SF),** และ **Least Square (LS)** ซึ่งให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 6 Group 2 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 6 Group 2 บนแกน Y คือ เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.2 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Angle Estimation** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** และในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4 ได้ผลว่า

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด , รองลงมาคือ **Torrieri (TR) , Least Square (LS) ,Stansfield (SF),** ตามลำดับ และ **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

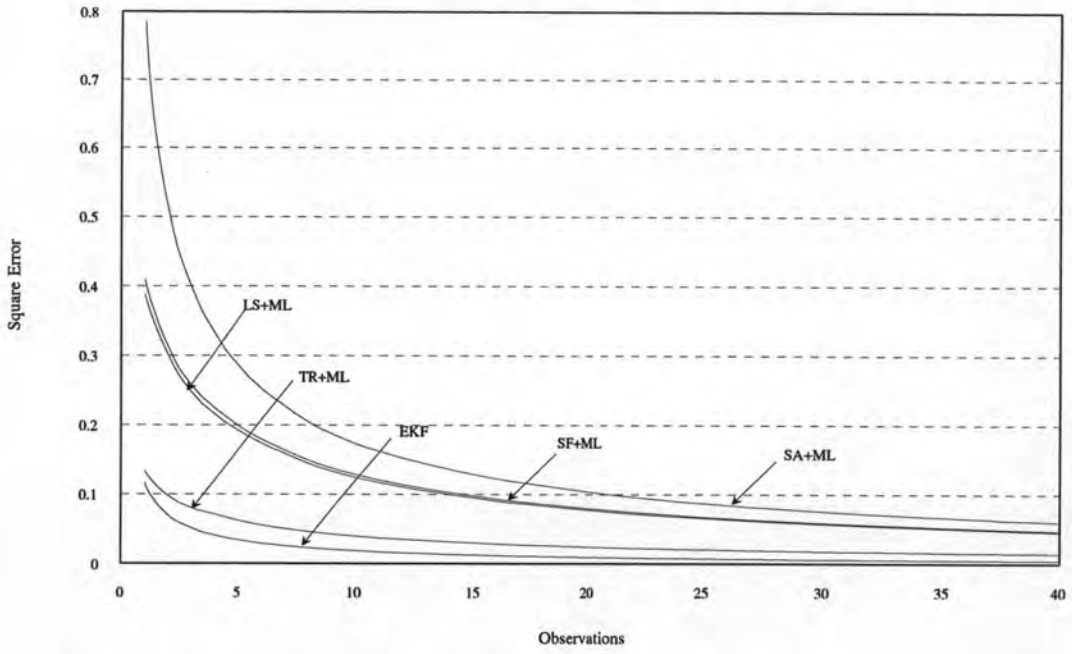


รูปที่ 3.42 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group3 บนแกน X

ตารางที่ 3.39 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group3 บนแกน X

Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML	Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML
1	0.1050	0.4265	0.1346	0.1360	0.1204	21	0.0082	0.0465	0.0236	0.0237	0.0217
2	0.0632	0.2586	0.0980	0.0988	0.0892	22	0.0079	0.0447	0.0228	0.0229	0.0209
3	0.0463	0.1990	0.0800	0.0806	0.0728	23	0.0075	0.0432	0.0220	0.0221	0.0203
4	0.0366	0.1634	0.0708	0.0713	0.0648	24	0.0072	0.0417	0.0213	0.0214	0.0196
5	0.0310	0.1382	0.0621	0.0625	0.0571	25	0.0069	0.0405	0.0207	0.0208	0.0191
6	0.0265	0.1205	0.0554	0.0557	0.0510	26	0.0067	0.0392	0.0201	0.0202	0.0185
7	0.0235	0.1080	0.0507	0.0511	0.0468	27	0.0064	0.038	0.0196	0.0197	0.0180
8	0.0207	0.0969	0.0462	0.0465	0.0425	28	0.0062	0.037	0.0191	0.0192	0.0176
9	0.0185	0.0888	0.0427	0.0429	0.0393	29	0.006	0.036	0.0186	0.0187	0.0171
10	0.0168	0.0821	0.0397	0.0399	0.0365	30	0.0058	0.035	0.0181	0.0182	0.0167
11	0.0153	0.0764	0.0371	0.0373	0.0341	31	0.0056	0.0342	0.0177	0.0178	0.0163
12	0.0141	0.0716	0.035	0.0352	0.0322	32	0.0055	0.0333	0.0173	0.0173	0.0159
13	0.0131	0.0674	0.0331	0.0333	0.0305	33	0.0053	0.0325	0.0169	0.0170	0.0155
14	0.0122	0.0636	0.0316	0.0317	0.029	34	0.0051	0.0317	0.0165	0.0166	0.0152
15	0.0115	0.0603	0.0301	0.0303	0.0277	35	0.0050	0.0310	0.0162	0.0162	0.0149
16	0.0108	0.0573	0.0286	0.0288	0.0264	36	0.0049	0.0303	0.0158	0.0159	0.0145
17	0.0101	0.0549	0.0275	0.0276	0.0253	37	0.0047	0.0297	0.0155	0.0156	0.0142
18	0.0096	0.0525	0.0264	0.0265	0.0243	38	0.0046	0.029	0.0152	0.0152	0.0140
19	0.0091	0.0503	0.0254	0.0255	0.0234	39	0.0045	0.0284	0.0149	0.0149	0.0137
20	0.0086	0.0482	0.0244	0.0245	0.0224	40	0.0044	0.0278	0.0146	0.0147	0.0134

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.43 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group3 บนแกน Y

ตารางที่ 3.40 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group3 บนแกน Y

Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML	Obsv	EKF	SA+ML	LS+ML	SF+ML	TR+ML
1	0.1166	0.7860	0.3878	0.4099	0.1338	21	0.0091	0.1002	0.0751	0.0772	0.0236
2	0.0702	0.5120	0.3008	0.3131	0.0981	22	0.0088	0.0964	0.0723	0.0744	0.0228
3	0.0514	0.3983	0.2471	0.2568	0.0804	23	0.0083	0.0931	0.0700	0.0720	0.0220
4	0.0407	0.3316	0.2155	0.2239	0.0712	24	0.0080	0.0900	0.0678	0.0697	0.0214
5	0.0344	0.2861	0.1925	0.1992	0.0624	25	0.0077	0.0874	0.0660	0.0677	0.0208
6	0.0294	0.2534	0.1743	0.1801	0.0557	26	0.0074	0.0846	0.0640	0.0657	0.0201
7	0.0261	0.2279	0.1593	0.1643	0.0509	27	0.0071	0.0821	0.0622	0.0639	0.0196
8	0.0230	0.2049	0.1449	0.1496	0.0463	28	0.0068	0.0800	0.0607	0.0623	0.0191
9	0.0206	0.1877	0.1338	0.1381	0.0427	29	0.0065	0.0778	0.0591	0.0607	0.0186
10	0.0187	0.1735	0.1246	0.1286	0.0397	30	0.0063	0.0756	0.0575	0.0590	0.0181
11	0.0170	0.1620	0.117	0.1206	0.0371	31	0.0061	0.0737	0.0561	0.0576	0.0177
12	0.0157	0.1520	0.1103	0.1137	0.0351	32	0.0059	0.0718	0.0548	0.0563	0.0173
13	0.0146	0.1434	0.1047	0.1078	0.0332	33	0.0057	0.0701	0.0536	0.0551	0.0169
14	0.0136	0.1356	0.0996	0.1024	0.0316	34	0.0055	0.0685	0.0525	0.0539	0.0165
15	0.0128	0.1288	0.0949	0.0976	0.0301	35	0.0054	0.0669	0.0513	0.0526	0.0162
16	0.0120	0.1225	0.0905	0.0931	0.0286	36	0.0053	0.0655	0.0502	0.0515	0.0158
17	0.0112	0.1175	0.0871	0.0896	0.0275	37	0.0052	0.064	0.0491	0.0504	0.0155
18	0.0107	0.1127	0.0838	0.0862	0.0264	38	0.0051	0.0621	0.0481	0.0494	0.0152
19	0.0101	0.1082	0.0807	0.0829	0.0254	39	0.0050	0.0613	0.0471	0.0484	0.0149
20	0.0096	0.1039	0.0776	0.0798	0.0244	40	0.0049	0.0601	0.0462	0.0474	0.0146

ผลการทดลองของ Case 6 Group 3

1. ผลการทดลองของ Case 6 Group 3 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 6 Group 3 บนแกน X เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

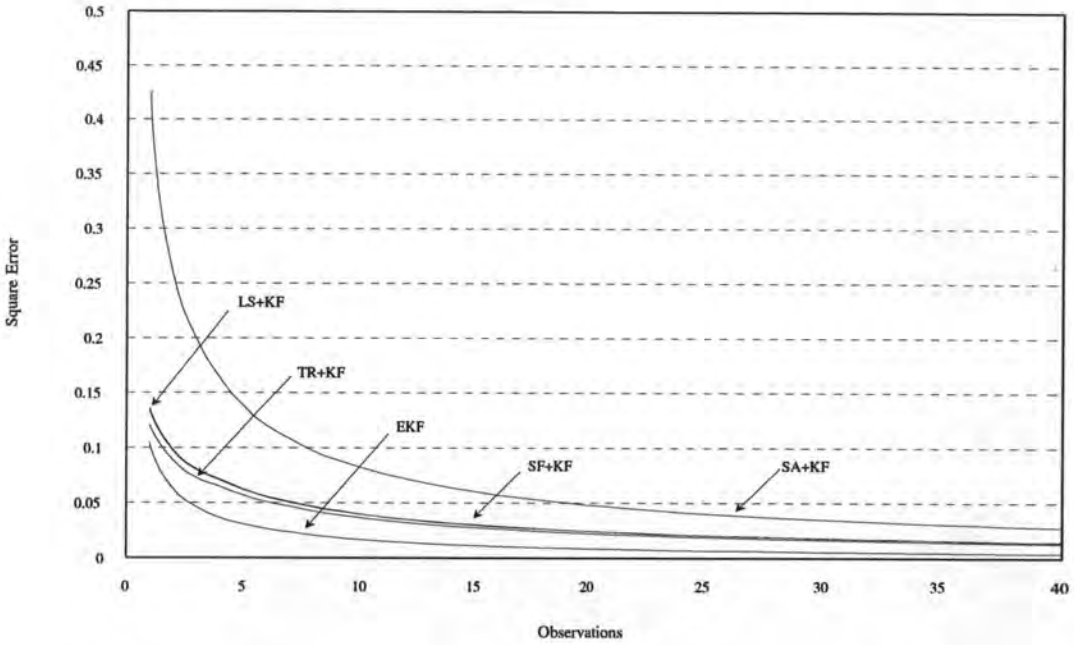
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Torrieri (TR), Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ซึ่งให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน ส่วน **Simple Average (SA)** และให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 6 Group 3 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 6 Group 3 บนแกน Y เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Maximum likelihood estimation (ML)** มาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, รองลงมาคือ **Torrieri (TR), Least Square (LS), Stansfield (SF),** ตามลำดับ ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

Mean Square Error (บนแกน X) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations

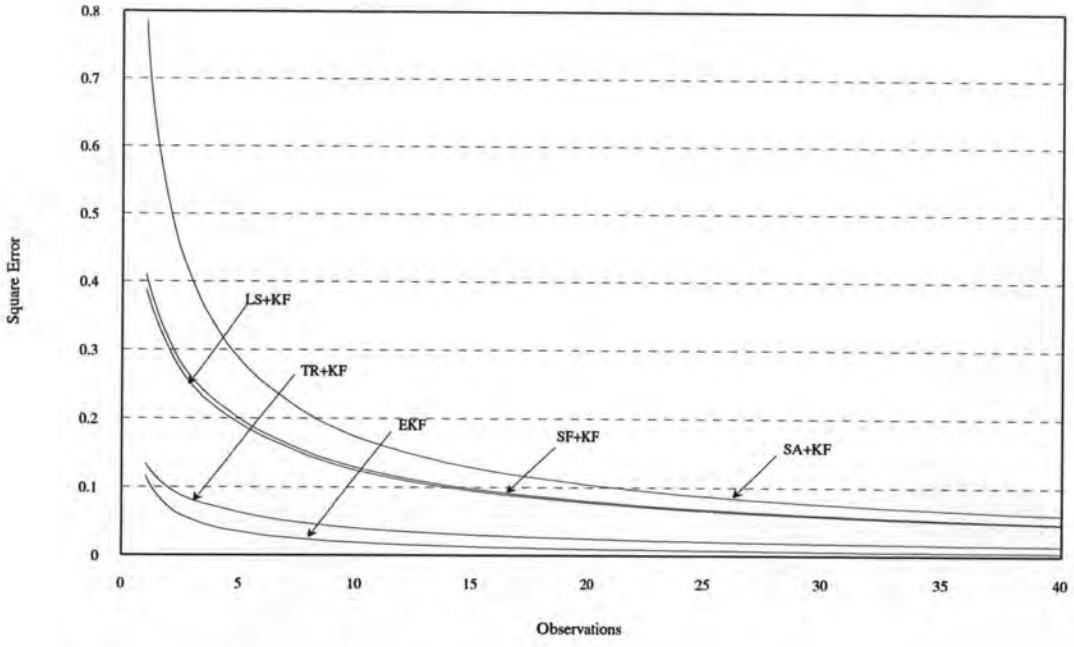


รูปที่ 3.44 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group4 บนแกน X

ตารางที่ 3.41 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group4 บนแกน X

Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF	Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF
1	0.1050	0.4265	0.1346	0.1360	0.1204	21	0.0082	0.0465	0.0236	0.0237	0.0217
2	0.0632	0.2586	0.0980	0.0988	0.0892	22	0.0079	0.0447	0.0228	0.0229	0.0209
3	0.0463	0.1990	0.0800	0.0806	0.0728	23	0.0075	0.0432	0.0220	0.0221	0.0203
4	0.0366	0.1634	0.0708	0.0713	0.0648	24	0.0072	0.0417	0.0213	0.0214	0.0196
5	0.0310	0.1382	0.0621	0.0625	0.0571	25	0.0069	0.0405	0.0207	0.0208	0.0191
6	0.0265	0.1205	0.0554	0.0557	0.0510	26	0.0067	0.0392	0.0201	0.0202	0.0185
7	0.0235	0.1080	0.0507	0.0511	0.0468	27	0.0064	0.0380	0.0196	0.0197	0.0180
8	0.0207	0.0969	0.0462	0.0465	0.0425	28	0.0062	0.0370	0.0191	0.0192	0.0176
9	0.0185	0.0888	0.0427	0.0429	0.0393	29	0.006	0.0360	0.0186	0.0187	0.0171
10	0.0168	0.0821	0.0397	0.0399	0.0365	30	0.0058	0.0350	0.0181	0.0182	0.0167
11	0.0153	0.0764	0.0371	0.0373	0.0341	31	0.0056	0.0342	0.0177	0.0178	0.0163
12	0.0141	0.0716	0.0350	0.0352	0.0322	32	0.0055	0.0333	0.0173	0.0173	0.0159
13	0.0131	0.0674	0.0331	0.0333	0.0305	33	0.0053	0.0325	0.0169	0.0170	0.0155
14	0.0122	0.0636	0.0316	0.0317	0.029	34	0.0051	0.0317	0.0165	0.0166	0.0152
15	0.0115	0.0603	0.0301	0.0303	0.0277	35	0.005	0.0310	0.0162	0.0162	0.0149
16	0.0108	0.0573	0.0286	0.0288	0.0264	36	0.0049	0.0303	0.0158	0.0159	0.0145
17	0.0101	0.0549	0.0275	0.0276	0.0253	37	0.0047	0.0297	0.0155	0.0156	0.0142
18	0.0096	0.0525	0.0264	0.0265	0.0243	38	0.0046	0.0290	0.0152	0.0152	0.0140
19	0.0091	0.0503	0.0254	0.0255	0.0234	39	0.0045	0.0284	0.0149	0.0149	0.0137
20	0.0086	0.0482	0.0244	0.0245	0.0224	40	0.0044	0.0278	0.0146	0.0147	0.0134

Mean Square Error (บนแกน Y) ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.45 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group4 บนแกน Y

ตารางที่ 3.42 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Mean Square Error ของ Case6 Group4 บนแกน Y

Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF	Obsv	EKF	SA+KF	LS+KF	SF+KF	TR+KF
1	0.1166	0.7860	0.3878	0.4099	0.1338	21	0.0091	0.1002	0.0751	0.0772	0.0236
2	0.0702	0.5120	0.3008	0.3131	0.0981	22	0.0088	0.0964	0.0723	0.0744	0.0228
3	0.0514	0.3983	0.2471	0.2568	0.0804	23	0.0083	0.0931	0.0700	0.0720	0.0220
4	0.0407	0.3316	0.2155	0.2239	0.0712	24	0.0080	0.0900	0.0678	0.0697	0.0214
5	0.0344	0.2861	0.1925	0.1992	0.0624	25	0.0077	0.0874	0.0660	0.0677	0.0208
6	0.0294	0.2534	0.1743	0.1801	0.0557	26	0.0074	0.0846	0.0640	0.0657	0.0201
7	0.0261	0.2279	0.1593	0.1643	0.0509	27	0.0071	0.0821	0.0622	0.0639	0.0196
8	0.0230	0.2049	0.1449	0.1496	0.0463	28	0.0068	0.0800	0.0607	0.0623	0.0191
9	0.0206	0.1877	0.1338	0.1381	0.0427	29	0.0065	0.0778	0.0591	0.0607	0.0186
10	0.0187	0.1735	0.1246	0.1286	0.0397	30	0.0063	0.0756	0.0575	0.0590	0.0181
11	0.0170	0.1620	0.117	0.1206	0.0371	31	0.0061	0.0737	0.0561	0.0576	0.0177
12	0.0157	0.1520	0.1103	0.1137	0.0351	32	0.0059	0.0718	0.0548	0.0563	0.0173
13	0.0146	0.1434	0.1047	0.1078	0.0332	33	0.0057	0.0701	0.0536	0.0551	0.0169
14	0.0136	0.1356	0.0996	0.1024	0.0316	34	0.0055	0.0685	0.0525	0.0539	0.0165
15	0.0128	0.1288	0.0949	0.0976	0.0301	35	0.0054	0.0669	0.0513	0.0526	0.0162
16	0.0120	0.1225	0.0905	0.0931	0.0286	36	0.0053	0.0655	0.0502	0.0515	0.0158
17	0.0112	0.1175	0.0871	0.0896	0.0275	37	0.0052	0.0640	0.0491	0.0504	0.0155
18	0.0107	0.1127	0.0838	0.0862	0.0264	38	0.0051	0.0621	0.0481	0.0494	0.0152
19	0.0101	0.1082	0.0807	0.0829	0.0254	39	0.005	0.0613	0.0471	0.0484	0.0149
20	0.0096	0.1039	0.0776	0.0798	0.0244	40	0.0049	0.0601	0.0462	0.0474	0.0146

ผลการทดลองของ Case 6 Group 4

1. ผลการทดลองของ Case 6 Group 4 บนแกน X

ผลการทดลองของ Case 6 Group 4 บนแกน X เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ **Torrieri (TR), Least Square (LS)** และ **Stansfield (SF)** ซึ่งให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน ส่วน **Simple Average (SA)** และให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

2. ผลการทดลองของ Case 6 Group 4 บนแกน Y

ผลการทดลองของ Case 6 Group 4 บนแกน Y เปรียบเทียบ ตามรูปที่ 3.3 โดยนำอัลกอริทึมที่ใช้ในขบวนการ **Location Estimation** โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด และในขบวนการ **Optimum LOC.EST.** โดยเลือกใช้อัลกอริทึมของ **Standard Kalman Filtering (KF)** มาเปรียบเทียบกับ อัลกอริทึมของ **Extended Kalman Filter (EKF)** ตามรูปที่ 3.4

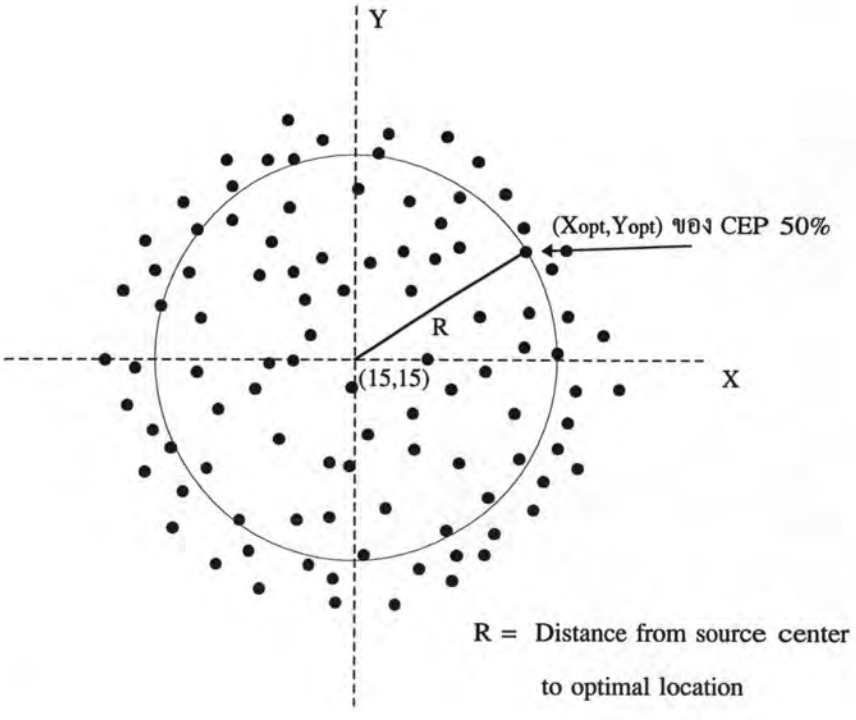
- **Extended Kalman Filter (EKF)** ให้ผลความแม่นยำมากที่สุด, รองลงมาคือ **Torrieri (TR), Least Square (LS), Stansfield (SF),** ตามลำดับ ส่วน **Simple Average (SA)** ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุด

การแสดงผลในรูป Circular Error Probability [17], [18]

การแสดงผลในรูป Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยการนำค่า ระยะทางจากจุดของตำแหน่งจริง ถึง จุดของตำแหน่งที่หาได้ มาจัดลำดับ มีทั้งหมด 100ค่า เนื่องมาจากการทำ 100 Monte Carlo Runs โดยค่า CEP 50 % นั้นคือค่ากลางของค่าที่ 50-51 นั้นหมายถึง ค่า CEP 50 % เป็นตัวกำหนดรัศมีของวงกลม โดยจะมีค่า ที่น้อยกว่า CEP 50 % อยู่ในวงกลม

เนื่องจาก การแสดงผลในรูป Circular Error Probability (CEP) 50 % นั้นมีค่าที่ละเอียดมาก ต่างกันที่จุดทศนิยมใน ตำแหน่งที่ 3 หรือ 4 ดังนั้นในการกำหนดจุดให้เป็นไปตาม scale นั้นสามารถทำได้ยาก จึงใช้วิธีการ สมมติตำแหน่งให้ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด โดยแสดงในลักษณะเป็น demo เพื่อให้เห็นภาพการกระจาย ของตำแหน่งที่หาได้ ใน 100 Monte Carlo Runs โดยทุก Case จะมีลักษณะการกระจายในลักษณะเดียวกัน ซึ่งกรณีที่จะนำมาเปรียบ โดยใช้การแสดงค่า CEP หรือค่า R ของวงกลมในรูปตารางของ วิธี Extended Kalman Filter ทั้ง 6 กรณี และ อัลกอริทึมของแต่ละวิธี ที่ใช้เปรียบเทียบใน Case 3 โดย process ตามรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นกรณีที่แสดงให้เห็นเป็นตัวอย่าง ดังนี้

Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations



รูปที่ 3.46 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs,

ตารางที่ 3.43 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Extended Kalman Filter Method (Case 1)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0191	26	0.0210	51	0.0216	76	0.0223
2	0.0191	27	0.0210	52	0.0216	77	0.0223
3	0.0195	28	0.0211	53	0.0216	78	0.0223
4	0.0195	29	0.0212	54	0.0216	79	0.0223
5	0.0198	30	0.0212	55	0.0217	80	0.0223
6	0.0199	31	0.0212	56	0.0217	81	0.0224
7	0.0199	32	0.0212	57	0.0217	82	0.0224
8	0.0199	33	0.0212	58	0.0218	83	0.0225
9	0.0200	34	0.0213	59	0.0218	84	0.0225
10	0.0201	35	0.0213	60	0.0218	85	0.0225
11	0.0202	36	0.0213	61	0.0219	86	0.0225
12	0.0202	37	0.0214	62	0.0219	87	0.0226
13	0.0203	38	0.0214	63	0.0219	88	0.0226
14	0.0204	39	0.0214	64	0.0220	89	0.0226
15	0.0204	40	0.0214	65	0.0220	90	0.0227
16	0.0204	41	0.0214	66	0.0220	91	0.0229
17	0.0205	42	0.0214	67	0.0221	92	0.0229
18	0.0206	43	0.0215	68	0.0221	93	0.0229
19	0.0206	44	0.0215	69	0.0221	94	0.0233
20	0.0206	45	0.0215	70	0.0221	95	0.0233
21	0.0207	46	0.0215	71	0.0221	96	0.0234
22	0.0207	47	0.0216	72	0.0221	97	0.0235
23	0.0208	48	0.0216	73	0.0222	98	0.0236
24	0.0209	49	0.0216	74	0.0222	99	0.0241
25	0.0210	50	0.0216	75	0.0222	100	0.0242

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ = 0.0216

Extended Kalman Filter Method (Case 1)

ตารางที่ 3.44 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Extended Kalman Filter Method (Case 2)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0491	26	0.0524	51	0.0540	76	0.0561
2	0.0493	27	0.0525	52	0.0542	77	0.0562
3	0.0496	28	0.0527	53	0.0542	78	0.0562
4	0.0499	29	0.0528	54	0.0543	79	0.0563
5	0.0500	30	0.0528	55	0.0544	80	0.0563
6	0.0500	31	0.0530	56	0.0544	81	0.0565
7	0.0501	32	0.0530	57	0.0548	82	0.0566
8	0.0505	33	0.0530	58	0.0548	83	0.0567
9	0.0507	34	0.0531	59	0.0548	84	0.0569
10	0.0509	35	0.0531	60	0.0548	85	0.0569
11	0.0509	36	0.0531	61	0.0549	86	0.0571
12	0.0512	37	0.0531	62	0.0551	87	0.0571
13	0.0513	38	0.0533	63	0.0552	88	0.0573
14	0.0517	39	0.0533	64	0.0553	89	0.0575
15	0.0517	40	0.0536	65	0.0553	90	0.0575
16	0.0518	41	0.0536	66	0.0554	91	0.0576
17	0.0519	42	0.0536	67	0.0554	92	0.0579
18	0.0520	43	0.0537	68	0.0554	93	0.0580
19	0.0521	44	0.0537	69	0.0555	94	0.0581
20	0.0522	45	0.0537	70	0.0555	95	0.0581
21	0.0522	46	0.0539	71	0.0558	96	0.0581
22	0.0522	47	0.0539	72	0.0558	97	0.0582
23	0.0523	48	0.0539	73	0.0558	98	0.0583
24	0.0523	49	0.0539	74	0.0559	99	0.0590
25	0.0524	50	0.0540	75	0.0561	100	0.0597

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ = 0.0540

Extended Kalman Filter Method (Case 2)

ตารางที่ 3.45 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Extended Kalman Filter Method (Case 3)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0061	26	0.0077	51	0.0084	76	0.0091
2	0.0062	27	0.0078	52	0.0085	77	0.0093
3	0.0068	28	0.0078	53	0.0085	78	0.0093
4	0.0068	29	0.0078	54	0.0086	79	0.0094
5	0.0068	30	0.0079	55	0.0086	80	0.0094
6	0.0071	31	0.0079	56	0.0086	81	0.0094
7	0.0071	32	0.0079	57	0.0087	82	0.0094
8	0.0072	33	0.0079	58	0.0087	83	0.0095
9	0.0072	34	0.0080	59	0.0087	84	0.0095
10	0.0072	35	0.0081	60	0.0087	85	0.0096
11	0.0073	36	0.0081	61	0.0087	86	0.0096
12	0.0074	37	0.0081	62	0.0088	87	0.0096
13	0.0074	38	0.0081	63	0.0088	88	0.0097
14	0.0074	39	0.0081	64	0.0088	89	0.0097
15	0.0074	40	0.0082	65	0.0089	90	0.0099
16	0.0075	41	0.0082	66	0.0089	91	0.0099
17	0.0075	42	0.0082	67	0.0089	92	0.0100
18	0.0075	43	0.0082	68	0.0089	93	0.0101
19	0.0076	44	0.0083	69	0.0090	94	0.0102
20	0.0076	45	0.0083	70	0.0090	95	0.0102
21	0.0076	46	0.0083	71	0.0090	96	0.0103
22	0.0076	47	0.0083	72	0.0090	97	0.0103
23	0.0076	48	0.0083	73	0.0091	98	0.0108
24	0.0076	49	0.0084	74	0.0091	99	0.0109
25	0.0077	50	0.0084	75	0.0091	100	0.0109

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ Extended Kalman Filter Method (Case 3) = 0.0084

ตารางที่ 3.46 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Extended Kalman Filter Method (Case 4)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0106	26	0.0125	51	0.0131	76	0.0138
2	0.0106	27	0.0125	52	0.0131	77	0.0138
3	0.0110	28	0.0126	53	0.0131	78	0.0138
4	0.0110	29	0.0127	54	0.0131	79	0.0139
5	0.0113	30	0.0127	55	0.0132	80	0.0139
6	0.0114	31	0.0127	56	0.0132	81	0.0139
7	0.0114	32	0.0128	57	0.0132	82	0.0139
8	0.0115	33	0.0128	58	0.0133	83	0.0139
9	0.0115	34	0.0128	59	0.0133	84	0.0140
10	0.0116	35	0.0128	60	0.0133	85	0.0140
11	0.0117	36	0.0128	61	0.0134	86	0.0140
12	0.0118	37	0.0129	62	0.0134	87	0.0141
13	0.0118	38	0.0129	63	0.0135	88	0.0141
14	0.0119	39	0.0129	64	0.0135	89	0.0141
15	0.0119	40	0.0129	65	0.0135	90	0.0143
16	0.0120	41	0.0129	66	0.0135	91	0.0143
17	0.0120	42	0.0130	67	0.0135	92	0.0144
18	0.0121	43	0.0130	68	0.0136	93	0.0145
19	0.0121	44	0.0130	69	0.0136	94	0.0148
20	0.0121	45	0.0130	70	0.0136	95	0.0148
21	0.0121	46	0.0130	71	0.0136	96	0.0149
22	0.0122	47	0.0131	72	0.0136	97	0.0150
23	0.0123	48	0.0131	73	0.0137	98	0.0151
24	0.0124	49	0.0131	74	0.0137	99	0.0156
25	0.0125	50	0.0131	75	0.0137	100	0.0157

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ = 0.0131

Extended Kalman Filter Method (Case 4)

ตารางที่ 3.47 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Extended Kalman Filter Method (Case 5)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0048	26	0.0067	51	0.0073	76	0.0081
2	0.0048	27	0.0067	52	0.0074	77	0.0081
3	0.0052	28	0.0068	53	0.0074	78	0.0081
4	0.0052	29	0.0069	54	0.0074	79	0.0082
5	0.0055	30	0.0069	55	0.0075	80	0.0082
6	0.0056	31	0.0069	56	0.0075	81	0.0082
7	0.0056	32	0.0070	57	0.0075	82	0.0082
8	0.0057	33	0.0070	58	0.0076	83	0.0082
9	0.0057	34	0.0070	59	0.0076	84	0.0083
10	0.0058	35	0.0070	60	0.0076	85	0.0083
11	0.0059	36	0.0070	61	0.0077	86	0.0083
12	0.0060	37	0.0071	62	0.0077	87	0.0084
13	0.0060	38	0.0071	63	0.0078	88	0.0084
14	0.0061	39	0.0071	64	0.0078	89	0.0084
15	0.0061	40	0.0071	65	0.0078	90	0.0086
16	0.0062	41	0.0071	66	0.0078	91	0.0086
17	0.0062	42	0.0072	67	0.0078	92	0.0087
18	0.0063	43	0.0072	68	0.0079	93	0.0088
19	0.0063	44	0.0072	69	0.0079	94	0.0091
20	0.0063	45	0.0072	70	0.0079	95	0.0091
21	0.0063	46	0.0072	71	0.0079	96	0.0092
22	0.0064	47	0.0073	72	0.0079	97	0.0093
23	0.0065	48	0.0073	73	0.0080	98	0.0094
24	0.0066	49	0.0073	74	0.0080	99	0.0099
25	0.0067	50	0.0073	75	0.0080	100	0.0100

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ = 0.0073

Extended Kalman Filter Method (Case 5)

ตารางที่ 3.48 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Extended Kalman Filter Method (Case 6)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0055	26	0.0074	51	0.0080	76	0.0087
2	0.0055	27	0.0074	52	0.0080	77	0.0087
3	0.0059	28	0.0075	53	0.0080	78	0.0087
4	0.0059	29	0.0076	54	0.0081	79	0.0088
5	0.0062	30	0.0076	55	0.0081	80	0.0088
6	0.0063	31	0.0076	56	0.0081	81	0.0088
7	0.0063	32	0.0077	57	0.0081	82	0.0088
8	0.0064	33	0.0077	58	0.0082	83	0.0088
9	0.0064	34	0.0077	59	0.0082	84	0.0089
10	0.0065	35	0.0077	60	0.0082	85	0.0089
11	0.0066	36	0.0077	61	0.0083	86	0.0089
12	0.0067	37	0.0078	62	0.0083	87	0.009
13	0.0067	38	0.0078	63	0.0084	88	0.0090
14	0.0068	39	0.0078	64	0.0084	89	0.0090
15	0.0068	40	0.0078	65	0.0084	90	0.0092
16	0.0069	41	0.0078	66	0.0084	91	0.0092
17	0.0069	42	0.0079	67	0.0084	92	0.0093
18	0.0070	43	0.0079	68	0.0085	93	0.0094
19	0.0070	44	0.0079	69	0.0085	94	0.0097
20	0.0070	45	0.0079	70	0.0085	95	0.0097
21	0.0070	46	0.0079	71	0.0085	96	0.0098
22	0.0071	47	0.0080	72	0.0085	97	0.0099
23	0.0072	48	0.0080	73	0.0086	98	0.01
24	0.0073	49	0.0080	74	0.0086	99	0.0105
25	0.0074	50	0.0080	75	0.0086	100	0.0106

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ = 0.0080

Extended Kalman Filter Method (Case 6)

ตารางที่ 3.49 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้วิธี Simple Average Method (Case 3)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0189	26	0.0223	51	0.0239	76	0.0263
2	0.0191	27	0.0224	52	0.0240	77	0.0264
3	0.0194	28	0.0226	53	0.0240	78	0.0264
4	0.0197	29	0.0227	54	0.0242	79	0.0265
5	0.0198	30	0.0227	55	0.0244	80	0.0265
6	0.0198	31	0.0229	56	0.0245	81	0.0267
7	0.0199	32	0.0229	57	0.0247	82	0.0268
8	0.0203	33	0.0229	58	0.0249	83	0.0269
9	0.0205	34	0.0230	59	0.0249	84	0.0271
10	0.0207	35	0.0230	60	0.0249	85	0.0271
11	0.0207	36	0.0231	61	0.0250	86	0.0273
12	0.0210	37	0.0231	62	0.0252	87	0.0273
13	0.0211	38	0.0232	63	0.0253	88	0.0275
14	0.0215	39	0.0232	64	0.0254	89	0.0277
15	0.0215	40	0.0235	65	0.0254	90	0.0277
16	0.0216	41	0.0235	66	0.0255	91	0.0278
17	0.0217	42	0.0235	67	0.0255	92	0.0281
18	0.0218	43	0.0236	68	0.0255	93	0.0282
19	0.0219	44	0.0236	69	0.0256	94	0.0283
20	0.0220	45	0.0236	70	0.0256	95	0.0283
21	0.0220	46	0.0238	71	0.0259	96	0.0283
22	0.0220	47	0.0238	72	0.0259	97	0.0284
23	0.0221	48	0.0238	73	0.0259	98	0.0285
24	0.0221	49	0.0239	74	0.0260	99	0.0292
25	0.0222	50	0.0239	75	0.0262	100	0.0299

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ Simple Average Method (Case 3) = 0.0239

ตารางที่ 3.50 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Least Square Method (Case 3)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0186	26	0.0203	51	0.0210	76	0.0219
2	0.0187	27	0.0204	52	0.0210	77	0.0221
3	0.0193	28	0.0204	53	0.0211	78	0.0221
4	0.0193	29	0.0204	54	0.0211	79	0.0222
5	0.0193	30	0.0205	55	0.0212	80	0.0222
6	0.0196	31	0.0205	56	0.0212	81	0.0222
7	0.0196	32	0.0205	57	0.0214	82	0.0222
8	0.0197	33	0.0205	58	0.0214	83	0.0223
9	0.0197	34	0.0206	59	0.0214	84	0.0223
10	0.0197	35	0.0207	60	0.0214	85	0.0224
11	0.0198	36	0.0207	61	0.0214	86	0.0224
12	0.0199	37	0.0207	62	0.0215	87	0.0224
13	0.0199	38	0.0207	63	0.0215	88	0.0225
14	0.0199	39	0.0207	64	0.0215	89	0.0225
15	0.0199	40	0.0208	65	0.0216	90	0.0227
16	0.0200	41	0.0208	66	0.0216	91	0.0227
17	0.0200	42	0.0208	67	0.0216	92	0.0228
18	0.0200	43	0.0208	68	0.0216	93	0.0229
19	0.0201	44	0.0209	69	0.0217	94	0.0230
20	0.0201	45	0.0209	70	0.0217	95	0.0230
21	0.0201	46	0.0209	71	0.0217	96	0.0231
22	0.0201	47	0.0209	72	0.0217	97	0.0231
23	0.0201	48	0.0209	73	0.0218	98	0.0236
24	0.0201	49	0.0210	74	0.0218	99	0.0237
25	0.0202	50	0.0210	75	0.0218	100	0.0237

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ = 0.0210

Least Square Method (Case 3)

ตารางที่ 3.51 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Standfield Algorithm Method (Case 3)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0080	26	0.0099	51	0.0106	76	0.0114
2	0.0080	27	0.0099	52	0.0106	77	0.0114
3	0.0084	28	0.0100	53	0.0107	78	0.0114
4	0.0084	29	0.0101	54	0.0107	79	0.0115
5	0.0087	30	0.0101	55	0.0108	80	0.0115
6	0.0088	31	0.0101	56	0.0108	81	0.0115
7	0.0088	32	0.0102	57	0.0108	82	0.0115
8	0.0089	33	0.0102	58	0.0109	83	0.0115
9	0.0089	34	0.0102	59	0.0109	84	0.0116
10	0.0090	35	0.0102	60	0.0109	85	0.0116
11	0.0091	36	0.0102	61	0.0110	86	0.0116
12	0.0092	37	0.0103	62	0.0110	87	0.0117
13	0.0092	38	0.0103	63	0.0111	88	0.0117
14	0.0093	39	0.0103	64	0.0111	89	0.0117
15	0.0093	40	0.0103	65	0.0111	90	0.0119
16	0.0094	41	0.0103	66	0.0111	91	0.0119
17	0.0094	42	0.0104	67	0.0111	92	0.012
18	0.0095	43	0.0104	68	0.0112	93	0.0121
19	0.0095	44	0.0104	69	0.0112	94	0.0124
20	0.0095	45	0.0104	70	0.0112	95	0.0124
21	0.0096	46	0.0104	71	0.0112	96	0.0125
22	0.0096	47	0.0105	72	0.0112	97	0.0126
23	0.0097	48	0.0105	73	0.0113	98	0.0127
24	0.0099	49	0.0105	74	0.0113	99	0.0132
25	0.0099	50	0.0106	75	0.0113	100	0.0133

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ Standfield Algorithm Method (Case 3) = 0.0106

ตารางที่ 3.52 แสดงค่าความคาดเคลื่อนในรูป Circular Error Probability ของ 100 Monte Carlo Runs, 40 Observations โดยใช้ Torrieri Algorithm Method (Case 3)

No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)	No.	Distance(R)
1	0.0087	26	0.0106	51	0. 0112	76	0.0120
2	0.0087	27	0.0106	52	0.0112	77	0.0120
3	0.0091	28	0.0107	53	0.0113	78	0.0120
4	0.0091	29	0.0108	54	0.0113	79	0.0121
5	0.0094	30	0.0108	55	0.0114	80	0.0121
6	0.0095	31	0.0108	56	0.0114	81	0.0121
7	0.0095	32	0.0109	57	0.0114	82	0.0121
8	0.0096	33	0.0109	58	0.0115	83	0.0121
9	0.0096	34	0.0109	59	0.0115	84	0.0122
10	0.0097	35	0.0109	60	0.0115	85	0.0122
11	0.0098	36	0.0109	61	0.0116	86	0.0122
12	0.0099	37	0.0110	62	0.0116	87	0.0123
13	0.0099	38	0.0110	63	0.0117	88	0.0123
14	0.0100	39	0.0110	64	0.0117	89	0.0123
15	0.0100	40	0.0110	65	0.0117	90	0.0125
16	0.0101	41	0.0110	66	0.0117	91	0.0125
17	0.0101	42	0.0111	67	0.0117	92	0.0126
18	0.0102	43	0.0111	68	0.0118	93	0.0127
19	0.0102	44	0.0111	69	0.0118	94	0.0130
20	0.0102	45	0.0111	70	0.0118	95	0.0130
21	0.0102	46	0.0111	71	0.0118	96	0.0131
22	0.0103	47	0.0112	72	0.0118	97	0.0132
23	0.0104	48	0.0112	73	0.0119	98	0.0133
24	0.0105	49	0.0112	74	0.0119	99	0.0138
25	0.0106	50	0.0112	75	0.0119	100	0.0139

Circular Error Probability (CEP) 50 % โดยใช้ = 0.0112

Torrieri Algorithm Method (Case 3)

ผลการทดลอง ทั้ง 6 Case

จากการทดลอง การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศนั้น แสดงอยู่ในรูป Mean Square Error) และ Circular Error Probability ของ 100 monte carlo runs โดยใช้การวัดมุมทิศ 40 ครั้ง (40 observations) โดยพิจารณาตามจุดประสงค์ของการเปรียบเทียบในรูปแบบของการทดลอง ได้ผลดังนี้

1. เปรียบเทียบตามรูปแบบของขั้นตอนในการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยพิจารณาเปรียบเทียบ เมื่อมีการใช้การใช้อัลกอริทึม ในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกัน ได้ผลการทดลองว่า อัลกอริทึมของ Extended Kalman Filter ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด หรือให้ผลความแม่นยำมากที่สุด ในเกือบทุกกรณี รองลงมา คือ อัลกอริทึมของ Stansfield และ Torrieri ซึ่งทั้งสองวิธีนี้ ให้ผลความแม่นยำได้ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นกรณีที่ใช้ทดสอบ ซึ่ง Stansfield จะให้ผลดีกว่า Torrieri ในกรณีของ ตำแหน่งของ source อยู่ระหว่างพื้นที่ที่ observer ทั้งหมดตั้งอยู่ รองลงมาในเกือบทุกกรณี ได้แก่ Least Square method ส่วน Simple Average จะให้ผลแม่นยำน้อยที่สุด ในเกือบทุกกรณีเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับทุกอัลกอริทึม ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ดังนี้

- ในกรณีที่ 1 (2 bearing) อัลกอริทึมของ EKF มีค่า error มากกว่าวิธี ML + Loc.Est อยู่เล็กน้อย

- ในกรณีที่ 2 (2 bearing) อัลกอริทึมของ EKF มีค่า error น้อยกว่าทุกวิธีที่ใช้เปรียบเทียบทั้งหมด

- ในกรณีที่ 3 (3 bearing) อัลกอริทึมของ EKF มีค่า error น้อยที่สุดในทุกกรณี รองลงมา คือ อัลกอริทึมของ Stansfield, Torrieri, Least Square method, Simple Average ตามลำดับ

- ในกรณีที่ 4 (3 bearing) อัลกอริทึมของ EKF มีค่า error น้อยที่สุดในทุกกรณี รองลงมา คือ อัลกอริทึมของ Torrieri, Stansfield, Least Square method, Simple Average ตามลำดับ

- ในกรณีที่ 5 (4 bearing) อัลกอริทึมของ EKF มีค่า error น้อยกว่าทุกกรณี รองลงมา คือ อัลกอริทึมของ Stansfield และ Torrieri ซึ่งทั้งสองวิธีนี้ให้ผลใกล้เคียงกัน รองลงมาอีก คือ Least Square method และ Simple Average ตามลำดับ

- ในกรณีที่ 6 (4 bearing) อัลกอริทึมของ EKF มีค่า error น้อยกว่าทุกกรณี รองลงมา คือ อัลกอริทึมของ Torrieri, Stansfield, Least Square method, Simple Average ตามลำดับ

2. เปรียบเทียบตามรูปแบบของขั้นตอนในการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยพิจารณาเปรียบเทียบ เมื่อมีการเพิ่มจำนวนของสถานีดักรับหาทิศ จาก 2 เป็น 3 และ 4 ให้ผลการทดลอง ดังนี้

- เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับทุกอัลกอริทึม ที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้ผลว่า จำนวน Observer มากให้ผลความแม่นยำมากกว่า จำนวน Observer ที่น้อยกว่า ตามลำดับ

3. เปรียบเทียบตามรูปแบบของขั้นตอนในการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยเมื่อมีการกลับขั้นตอนของขบวนการ ให้ผลการทดลอง ดังนี้

- เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับทุกอัลกอริทึม ที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้ผลว่า การประมวลผลที่ให้ข้อมูลเริ่มแรก ผ่านเข้าขบวนการของ Filter ก่อนเข้าสู่ขบวนการ Location Estimation นั้นให้ผลแม่นยำมากกว่า ข้อมูลเริ่มแรก ที่ผ่านเข้าขบวนการของ Filter หลังจาก ผ่านเข้าขบวนการของ Location Estimation

4. เปรียบเทียบตามรูปแบบของขั้นตอนในการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยเมื่อมีจำนวนของสถานีดักรับหาทิศเท่ากัน แต่ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีดักรับหาทิศนั้นต่างกัน ให้ผลการทดลองดังนี้

- เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับทุกอัลกอริทึม การประมวลผล ที่ให้ ตำแหน่งของ Source อยู่ในระหว่างพื้นที่ ที่ Observer ตั้งอยู่ นั้น ให้ผลความแม่นยำมากกว่า ที่ให้ ตำแหน่งของ Source อยู่นอกพื้นที่ ที่ Observer ทั้งหมดตั้งอยู่