

## บทที่ 3

### การจำลองแบบบนเครื่องคอมพิวเตอร์และผลการทดสอบ

#### 3.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ทดสอบและอัลกอริทึมที่จะนำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ จะนำมาเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการจำลองแบบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมหรือวิธีการแบบเดิมนั้น ไม่สามารถแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยนำมาศึกษาและพิจารณาได้ แต่วิธีการที่ผู้ศึกษานำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้จะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองแบบก็คือ โปรแกรม Matlab 4.2c1 for windows บนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ Pentium 200 MMX และในส่วนของข้อมูลที่นำมาจำลองบนคอมพิวเตอร์ทั้งหมด นั้น ประกอบด้วย

##### 3.1.1 กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาคีตแบบเคลื่อนที่ ( Moving Observer )

###### 3.1.1.1 ค่าอินพุตที่เป็นมุมทิศ

เนื่องจากบนอากาศยานได้ติดตั้งเครื่องดักรับหาคีตเพียงเครื่องเดียว ดังนั้นจึงใช้การสมมุติว่า เมื่อทำการวัดเราจะทราบตำแหน่งของอากาศยานที่ทำการวัดในแต่ละครั้ง ตามแต่จะกำหนดให้มีการวัดทุกๆกี่วินาที ( ดังแสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.1 ) และมีการสมมุติว่าทราบตำแหน่งหรือพิกัดของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณด้วย โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะสมมุติให้อากาศยานบินด้วยความเร็วคงที่หรือไม่มีความเร็ว ซึ่งจะได้ออกมาจากการวัดเป็นแบบ discrete time

เนื่องจากการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณนั้น ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือ จุดอ้างอิง ซึ่งหมายถึง ในทางปฏิบัติจริงแล้ว เครื่องดักรับหาคีตที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะใช้การสแกนแผนที่ในส่วนที่ปฏิบัติงานลงไปในคอมพิวเตอร์ โดยค่าที่หาได้จะแปลงเป็นพิกัดทางภูมิศาสตร์โดยอัตโนมัติ ซึ่งในปัจจุบันระยะทางภูมิศาสตร์ของแผนที่ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีค่านั่นแน่นอน เนื่องจาก ณ ที่ต่างกันระยะทางบนแผนที่ของละติจูดและลองจิจูดจะยาวไม่เท่ากัน ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ของวิทยานิพนธ์นี้ จึงได้ตัดปัญหาในเรื่องนี้ออกไป โดยจะใช้การกำหนดพิกัดของอากาศยานในแต่ละครั้งที่ทำการวัดและพิกัดของแหล่งกำเนิดสัญญาณให้อยู่ในแนวแกน x และ y แต่จะแตกต่างกันตามแต่ละกรณีที่ใช้การจำลองแบบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ หลังจากที่ได้กำหนดตำแหน่งของเครื่องดักรับหาคีตและตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณแล้ว สามารถหามุมทิศจริง ( $\theta$ ) ดังสมการต่อไปนี้

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{Ye - Yk}{Xe - Xk} \right) \quad (3.1)$$

โดยที่ ค่า  $\theta$  คือ ค่ามุมทิศจริงซึ่งหาได้จากค่า  $\arctan$  ของผลต่างระหว่างพิกัดของแหล่งกำเนิดสัญญาณ กับเครื่องดักรับหาทิศในแกน  $y$  หารด้วย ผลต่างระหว่างที่ตั้งของแหล่งกำเนิดสัญญาณ กับเครื่องดักรับหาทิศในแกน  $x$  และสำหรับค่ามุมทิศจริงที่นำมาใช้ของเครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่ แสดงไว้ดังตารางที่ 3.1

### 3.1.1.2 ค่าของสัญญาณรบกวนที่ปนเข้ามากับมุมทิศ

ในทางปฏิบัติจริงแล้วเป็นไปได้ยากที่ค่ามุมทิศที่วัดได้จะไม่มีข้อผิดพลาดเลย ดังนั้นค่ามุมทิศจริงที่เรากำหนดจึงต้องมีค่าของสัญญาณรบกวนปะปนเข้ามาด้วย และจากหัวข้อ 3.1.1.1 เมื่อเราทราบค่าอินพุทที่เป็นมุมทิศจริงแล้ว ก็จะต้องสร้างสัญญาณรบกวนในรูปแบบต่างๆที่นำมาพิจารณา โดยนำมาเขียนโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมเป็นสร้างสัญญาณรบกวนขึ้นมา ในลักษณะแบบสุ่ม ( Random Process ) สำหรับในการกำหนดลักษณะการแจกแจงของสัญญาณรบกวนที่นำมาพิจารณาในวิทยานิพนธ์นี้ ได้กำหนดรูปแบบการแจกแจงของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ 2 แบบ คือ การแจกแจงแบบยูนิฟอร์มและการแจกแจงแบบลาปลาซ ดังโปรแกรมที่แสดงไว้ที่ภาคผนวก ก

## 3.1.2 กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่ ( Multiple Fixed Observer )

### 3.1.2.1 ค่าอินพุทที่เป็นมุมทิศ

สำหรับค่าอินพุทที่เป็นมุมทิศของเครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่นั้น จะแตกต่างกันออกไปตามจำนวนของเครื่องดักรับหาทิศที่นำมาพิจารณาในวิทยานิพนธ์ นั่นคือ ตั้งแต่ 2 เครื่อง จนถึง 4 เครื่อง และเช่นเดียวกัน จะมีการสมมุติว่าทราบตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ( ดังแสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.2 ) มีการกำหนดให้การวัดเป็นแบบ discrete time และการกำหนดพิกัดของเครื่องดักรับหาทิศแต่ละเครื่องที่ทำการวัดและพิกัดของแหล่งกำเนิดสัญญาณให้อยู่ในแนวแกน  $x$  และ  $y$  แต่จะแตกต่างกันตามแต่ละกรณีที่ใช้ในการจำลองแบบ รวมทั้งสามารถหามุมทิศจริง ( $\theta$ ) ได้ดังสมการที่ (3.1) โดยค่ามุมทิศจริงที่ใช้ของเครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่นั้น ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3.2

### 3.1.2.2 ค่าของสัญญาณรบกวนที่ปนเข้ามากับมุมทิศ

เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.1.1.2 คือให้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณรบกวน ซึ่งเป็นในลักษณะแบบสุ่ม โดยที่มีการกำหนดลักษณะการแจกแจงสำหรับสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ให้เป็นแบบยูนิฟอร์มและแบบลาปลาซเช่นเดียวกัน

## 3.2 การสร้างแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์และกรณีที่ใช้ทดสอบ

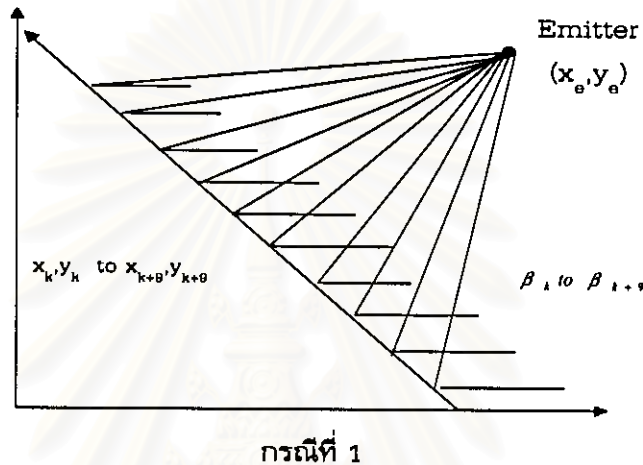
### 3.2.1 กรณีที่ใช้เครื่องตรวจจับทิศแบบเคลื่อนที่ ( Moving Observer )

ในการสร้างแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์นี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการให้เครื่องคอมพิวเตอร์แสดงผลค่าความคลาดเคลื่อนหรือค่าความผิดพลาด ( Error ) ของอัลกอริทึมหรือวิธีการเดิมที่ใช้และวิธีการที่นำเสนอ ทั้งแกน  $x$  และ  $y$  เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำว่ามีมากน้อยแค่ไหน โดยอ้างอิงจากงานของ Karl Spingarn บางส่วน โดยกำหนดที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณไว้ที่ตำแหน่งเดียวกันในทุกกรณี คือที่พิกัด ( 141 , 141 ) เพื่อให้การเปรียบเทียบจะให้เห็นชัดเจน โดยจะกำหนดในรูปของพิกัดแกน  $X$  และ  $Y$  และมีอัตราส่วนของระยะที่แสดงผลออกมาคือ หนึ่งหน่วยต่อหนึ่งกิโลเมตร ซึ่งรูปแบบที่กำหนดนั้นมีค่าใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริงในสนามมากที่สุด เพื่อผลที่ได้จากการจำลองแบบนั้นสามารถเชื่อถือได้เหมือนกับการทดสอบด้วยเครื่องมือจริง ๆ ซึ่งการกำหนดรูปแบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบนั้น สามารถแบ่งได้ตามจุดประสงค์ของการศึกษาทดสอบหรือเปรียบเทียบได้ดังนี้

- เพื่อเป็นการทดสอบวิธีการเดิมเมื่อเกิดปัญหาจากสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบกับวิธีการที่นำเสนอ ว่าสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้จริง
- เพื่อทดสอบความทนทาน ( Robust ) ของวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอ ที่มีต่อสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มและแบบลาปลาซ โดยทำการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอ เมื่อให้เครื่องตรวจจับทิศแบบเคลื่อนที่ วัดจำนวน 10 ครั้ง ( 10 Observers ) โดยจะมีการเพิ่มปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์
- เพื่อทดสอบความทนทานของวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอ ที่มีต่อสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์ แต่มีค่ากำลังแตกต่างกัน โดยพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอ เมื่อให้เครื่องตรวจจับทิศแบบเคลื่อนที่ ทำการวัดจำนวน 10 ครั้ง

สำหรับกรณีที่ใช้ทดสอบในการเปรียบเทียบสำหรับการจำลองแบบ มีดังนี้คือ

- กรณีที่ 1 การวัดจำนวน 10 ครั้ง และตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ในพื้นที่ของการบินของอากาศยาน เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน  $x, y$



รูปที่ 3.1 กรณีที่ใช้เปรียบเทียบ เมื่อใช้เครื่องดักรับทางทิศแบบเคลื่อนที่

### 3.2.2 กรณีที่ใช้เครื่องดักรับทางทิศแบบอยู่กับที่ ( Multiple Fixed Observer ) [2]

ในทำนองเดียวกันกับหัวข้อ 3.2.1 ในการสร้างแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ก็มีจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้เครื่องคอมพิวเตอร์แสดงผลค่าความผิดพลาดของวิธีการเดิมที่ใช้และวิธีที่นำเสนอ เพื่อใช้เปรียบเทียบความแม่นยำว่ามีมากน้อยแค่ไหน โดยครอบคลุมลักษณะของที่ตั้งของเครื่องดักรับทางทิศในหลาย ๆ รูปแบบ และจำนวนของเครื่องดักรับทางทิศที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุด โดยการจำลองแบบนี้ได้อ้างอิงจากวิทยานิพนธ์ของ พ.ต.สุรเดช เคารพครุ โดยกำหนดที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุไว้ที่ตำแหน่งเดียวกันในทุกกรณี เพื่อจะเปรียบเทียบได้ง่าย คือที่ตำแหน่ง ( 15 , 15 ) โดยกำหนดในรูปของพิกัด  $x, y$  ซึ่งการกำหนดรูปแบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบนั้น สามารถแบ่งได้ตามจุดประสงค์ของการศึกษาทดสอบหรือเปรียบเทียบได้ดังนี้

- เพื่อเป็นการทดสอบวิธีการเดิมเมื่อเกิดปัญหาจากสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบกับวิธีที่นำเสนอ ว่าสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้จริง
- เพื่อเป็นการเปรียบเทียบตามจำนวนของเครื่องดักรับทางทิศ เมื่อเพิ่มจำนวนของเครื่องดักรับทางทิศ จาก 2 เป็น 3 และ 4 เครื่อง

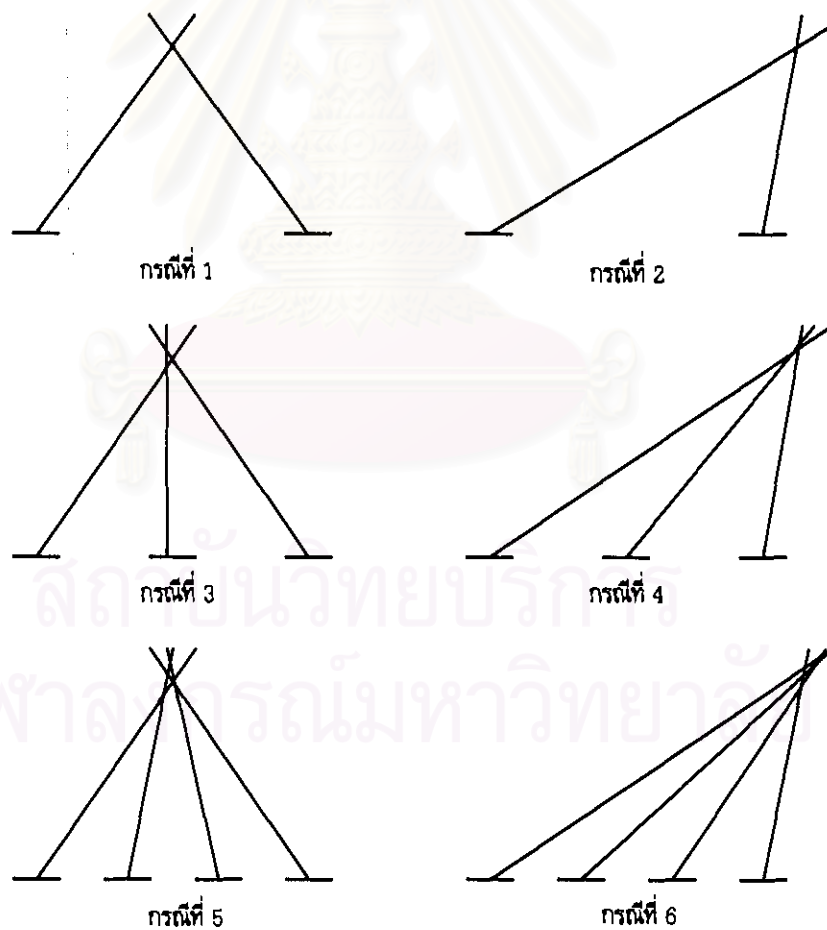
- เพื่อเป็นการเปรียบเทียบตามตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณต่างกัน ที่อยู่ภายในหรือภายนอกของพื้นที่เครื่องดักรับหาทิศ
- เพื่อทดสอบความทนทานของวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอที่มีต่อสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มและแบบลาปลาซ โดยการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอ เมื่อให้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่ วัดจำนวน 40 ครั้ง ( 40 Observations ) โดยจะมีการเพิ่มปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์
- เพื่อทดสอบความทนทานของวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอ ที่มีต่อสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์ แต่มีค่ากำลังแตกต่างกัน โดยทำการพิจารณาเปรียบเทียบวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอ เมื่อให้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่ วัดจำนวน 40 ครั้ง

สำหรับกรณีที่ใช้ในการเปรียบเทียบสำหรับการจำลองแบบ แบ่งได้ดังนี้

- กรณีที่ 1 กรณีที่มีเครื่องดักรับหาทิศจำนวน 2 เครื่อง และตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ในพื้นที่ระหว่างตำแหน่งของเครื่องดักรับหาทิศตัวที่ 1 กับ เครื่องดักรับหาทิศตัวที่ 2 เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน x,y
- กรณีที่ 2 กรณีที่มีเครื่องดักรับหาทิศจำนวน 2 เครื่อง และตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่นอกพื้นที่ระหว่างตำแหน่งของเครื่องดักรับหาทิศที่ 1 กับ เครื่องดักรับหาทิศตัวที่ 2 เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน x,y
- กรณีที่ 3 กรณีที่มีเครื่องดักรับหาทิศจำนวน 3 เครื่อง และตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ในพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของเครื่องดักรับหาทิศที่ 1 กับ เครื่องดักรับหาทิศตัวที่ 3 เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน x,y
- กรณีที่ 4 กรณีที่มีเครื่องดักรับหาทิศจำนวน 3 เครื่อง และตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่นอกพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของเครื่องดักรับหาทิศที่ 1 กับ เครื่องดักรับหาทิศตัวที่ 3 เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน x,y

- กรณีที่ 5 กรณีที่มีเครื่องดักจับหาทิศจำนวน 4 เครื่อง และตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ในพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของเครื่องดักจับหาทิศที่ 1 กับ เครื่องดักจับหาทิศตัวที่ 4 เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน x,y
- กรณีที่ 6 กรณีที่มีเครื่องดักจับหาทิศจำนวน 4 เครื่อง และตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่นอกพื้นที่ระหว่าง ตำแหน่งของเครื่องดักจับหาทิศที่ 1 กับ เครื่องดักจับหาทิศตัวที่ 4 เมื่อพิจารณาตามระนาบแนวแกน x,y

จากกรณีที่ใช้ในการเปรียบเทียบในแต่ละกรณีนั้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 กรณีที่ใช้เปรียบเทียบ เมื่อใช้เครื่องดักจับหาทิศแบบอยู่กับที่



### 3.3 ค่าที่นำไปใช้ในการจำลองแบบและรูปแบบของการแสดงผลการทดสอบ

เนื่องจากในงานปฏิบัติงานจริง กำลังออกอากาศของแหล่งกำเนิดสัญญาณของฝ่ายตรงข้ามนั้นจะมีกำลังส่งต่ำเพื่อเป็นรูปของการรักษาความปลอดภัยทางการส่งข่าว ดังนั้นค่าที่นำไปใช้ในการจำลองแบบบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จึงต้องพิจารณาให้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยการกำหนดอัตราส่วนของระยะไว้ที่หนึ่งหน่วยต่อหนึ่งกิโลเมตร และสามารถแสดงได้ตามตารางดังต่อไปนี้

#### 3.3.1 ค่าที่นำไปใช้ในการจำลองแบบ

##### 3.3.1.1 กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศทางแบบเคลื่อนที่ [1]

ตารางที่ 3.1 ค่าที่นำไปใช้ในการจำลองบนคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องดักรับหาทิศทางแบบเคลื่อนที่

กรณีที่1	เวลา	พิกัด	มุม	องศา	Emitter	เวลา	พิกัด	มุม	องศา
	k	130,11	$\theta_1$	85.16		141,141	k+5	80,61	$\theta_6$
k+1	120,21	$\theta_2$	80.08	k+6	70,71		$\theta_7$	44.59	
k+2	110,31	$\theta_3$	74.26	k+7	60,81		$\theta_8$	36.53	
k+3	100,41	$\theta_4$	67.71	k+8	50,91		$\theta_9$	28.79	
k+4	90,51	$\theta_5$	60.46	k+9	40,101		$\theta_{10}$	21.61	

##### 3.3.1.2 กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศทางแบบอยู่กับที่ [2]

ตารางที่ 3.2 ค่าที่นำไปใช้ในการจำลองบนคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องดักรับหาทิศทางแบบอยู่กับที่

กรณีที่	DF1	DF2	DF3	DF4	Emitter	มุม $\theta_1$	มุม $\theta_2$	มุม $\theta_3$	มุม $\theta_4$
1	0,0	20,0	-	-		15,15	45.00	108.435	-
2	0,0	10,0	-	-	45.00		71.565	-	-
3	0,0	10,0	20,0	-	45.00		71.565	108.435	-
4	0,0	5,0	10,0	-	45.00		56.310	71.565	-
5	0,0	10,0	20,0	30,0	45.00		71.565	108.435	135.00
6	0,0	4,0	8,0	12,0	45.00		53.753	64.985	78.690

### 3.3.2 รูปแบบของการแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ [2]

3.3.2.1 แสดงรูปภาพเปรียบเทียบอัลกอริทึมทั้งหมดที่ใช้กับเครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่และแบบอยู่กับที่ในทุกกรณี ด้วยค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดยกกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) ในระนาบแกน x และ แกน y ดังสมการต่อไปนี้

$$MSE = \Sigma \left[ \frac{(X_e, Y_e) - (\hat{X}_k, \hat{Y}_k)}{N} \right]^2 \quad (3.2)$$

โดยที่ ค่า MSE คือ ผลรวมของผลต่างกำลังสองของค่าพิกัดของตำแหน่งจริงกับค่าพิกัดที่ประมาณได้หารด้วยจำนวนครั้งที่วัด N ครั้ง

3.3.3.2 แสดงในรูปของ Circular Error Probability (CEP) of 50% ของอัลกอริทึมทั้งหมดที่ใช้กับเครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่และแบบอยู่กับที่ในกรณีที่ 3 โดยการนำค่าระยะทางจากจุดของตำแหน่งจริงถึงจุดของตำแหน่งที่หาได้มาจัดลำดับมีทั้งหมด 100 ค่า จาก 100 Monte Carlo Run โดยค่า CEP of 50% คือ ค่ากลาง ( Median ) ของค่าที่ 50-51 นั้นหมายถึง ค่า CEP of 50% จะเป็นตัวกำหนดรัศมีของวงกลมโดยจะมีค่าน้อยกว่า CEP of 50% อยู่ในวงกลม [2]

$$R = \sqrt{(x_e - x_{opt})^2 + (y_e - y_{opt})^2} \quad (3.3)$$

โดยที่ R คือ รัศมีที่เป็นตัวกำหนดระยะภายในวงกลม ซึ่งจะเป็นระยะทางจากแหล่งกำเนิดสัญญาณจริงจนถึง แหล่งกำเนิดสัญญาณที่ประมาณได้



### 3.4 รูปแบบการทดสอบในการจำลองแบบบนคอมพิวเตอร์

#### 3.4.1 กรณีที่ใช้เครื่องจักรหาทิศแบบเคลื่อนที่

ในขั้นแรกของการทดสอบในประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จะต้องมีการสร้างค่าอินพุตในรูปของ  $\beta(k) = \theta(k) + \eta(k)$  (ดูสมการที่ 2.1) โดยที่  $\theta(k)$  คือ มุมทิศจริงที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และ  $\eta(k)$  ก็คือ สัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นตามกลุ่มที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบ จากการสร้างค่าอินพุตข้างต้นต่อไปจะเป็นการสร้างโปรแกรมของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยที่วิธีการหรืออัลกอริทึมที่ใช้ทดสอบและปัญหาที่พิจารณา จะสามารถสรุปได้ดังนี้คือ

##### 3.4.1.1 อัลกอริทึมที่นำมาจำลองบนคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย

- อัลกอริทึมของวงจรรองคาลมานแบบยืดขยาย (Extended Kalman Filter : EKF) ที่ได้มาจากงานวิจัยเดิมที่มีอยู่ของ พ.ต.สุรเดช เคารพครู โดยปรับปรุงโปรแกรมจุดที่เป็นค่าอินพุตของมุมทิศและรูปแบบของสัญญาณรบกวนที่มากับมุมทิศจริง
- อัลกอริทึมของเอ็มอีเคเอฟ (Modified Extended Kalman Filter : MEKF) จากงานวิจัยของ ร.อ.เอกพล จุฑาพันธ์ โดยปรับปรุงโปรแกรมจุดที่เป็นสัญญาณรบกวนที่ปนมากับมุมทิศจริง
- อัลกอริทึมของไอเอ็มเอ็มที่มีวงจรรองคาลมานแบบยืดขยายภายใน (EKF-based IMM) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่น่าเสนอ ได้มาจากการศึกษาในบทที่ 2 แล้วนำมาเขียนโปรแกรมทดสอบ
- วิธี Leaving-One Out+EKF (LEKF) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่น่ามาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่น่าเสนอ ซึ่งมาจากการศึกษาบทที่ 2 แล้วนำมาเขียนโปรแกรมทดสอบ

##### 3.4.1.2 ปัญหาที่นำมาพิจารณา ประกอบด้วย

- กลุ่มที่ 1 สัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ซึ่งมีการแจกแจงแบบเกาส์ผสมกับแบบลาปลาซ (Gaussian Distribution+ Laplacian Distribution)
- กลุ่มที่ 2 สัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ซึ่งมีการแจกแจงแบบเกาส์ผสมกับแบบยูนิฟอร์ม (Gaussian Distribution+ Uniform Distribution)
- กลุ่มที่ 3 สัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์ แต่มีค่ากำลังต่างกัน (Gaussian Distribution)

### 3.4.1.3 การทดสอบความทนทานของอัลกอริทึมภายในระบบ

ในการทดสอบแต่ละวิธีการ ตามกรณีที่น่ามาเปรียบเทียบนั้น จะใช้โปรแกรม Matlab ในการสร้างสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์และไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มและแบบลาปลาซที่มาจาก seed ชุดเดียวกัน ในลักษณะแบบสุ่ม โดยใช้เครื่องดักรับทางทิศ 1 เครื่อง ที่ติดตั้งบนอากาศยานทำการวัดจำนวน 10 ครั้ง ด้วย 100 Monte Carlo Run ในแนวแกน x,y มีรายละเอียดดังนี้

#### 1) ในกลุ่มปัญหาที่ 1 และกลุ่มปัญหาที่ 2

- เพิ่มปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการแจกแจงแบบลาปลาซและแบบยูนิฟอร์มที่เข้ามาในระบบ ตั้งแต่ 10%-80% ของจำนวนครั้งที่ทำการวัด 10 ครั้ง การทดสอบความทนทานของอัลกอริทึมจะดูค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เทียบกับค่า Signal-to-Noise Ratio ( SNR ) ที่เปลี่ยนไปตามปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่เข้ามา และสำหรับค่า SNR [13] จะหาได้จากสมการที่ (3.4)

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right) \quad (3.4)$$

โดยที่  $SNR_{dB}$  คือ ค่า Signal-to-Noise Ratio ที่มีหน่วยเป็นเดซิเบล

$P_{signal}$  คือ ค่ากำลังของสัญญาณ ( Power of the desired signal ) ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีการ normalize แล้ว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1

$P_{noise}$  คือ ค่ากำลังของสัญญาณรบกวน ( Power of noise ) ซึ่งใน Random Process นิยามไว้ดังสมการที่ (3.5)

$$P_{noise} = E[x^2] \quad (3.5)$$

สำหรับค่ากำลังของสัญญาณรบกวนหรือค่าความแปรปรวน ( Variance ) นิยามไว้ดังสมการที่ (3.6)

$$\sigma^2 = E[(x - \mu)]^2 = E[x^2] - 2\mu E[x] + E[\mu]^2 \quad (3.6)$$

ในสมการที่ (3.6) พจน์ที่ 2 และ 3 กำหนดให้ค่าเฉลี่ย ( $\mu$ ) เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่า  $\sigma^2$  จะได้ดังสมการที่ (3.7)

$$\sigma^2 = E[x^2] \quad (3.7)$$

จากสมการที่ (3.5) และ สมการที่ (3.7) สรุปได้ว่า ค่ากำลังของสัญญาณรบกวน ( $P_{noise}$ ) ก็คือ ค่าความแปรปรวน :  $\sigma^2$  ดังสมการที่ (3.8)

$$P_{noise} = \sigma^2 \quad (3.8)$$

จากสมการที่ (3.4) ถึง (3.8) ค่า  $SNR_{dB}$  สรุปได้ดังสมการที่ (3.9)

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{\sigma_N^2} \right) \quad (3.9)$$

โดยที่

$\sigma_N^2$  คือ ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนโดยรวม หาได้จากสมการที่ (3.10)

$N$  คือ จำนวนของสัญญาณรบกวน

$$\sigma_N^2 = (1-p)\sigma_{n1}^2 + 2p\sigma_{n2}^2 \quad (3.10)$$

โดยที่

$\sigma_{n1}^2$  คือ ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนที่ 1 กำหนดให้มีการแจกแจงแบบเกาส์

$\sigma_{n2}^2$  คือ ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนที่ 2 กำหนดให้มีการแจกแจงแบบลาปลาซ และการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

$p$  คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณรบกวนใดๆ

จากสมการที่ (3.9) และ (3.10) หาค่า  $SNR_{dB}$  ของระบบ เมื่อเพิ่มปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการแจกแจงแบบลาปลาซและแบบยูนิฟอร์มที่เข้ามาในระบบตั้งแต่ 10%-80% ของจำนวนครั้งที่ทำการวัด 10 ครั้ง ได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่า  $SNR_{dB}$  เมื่อปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ตั้งแต่ 10%-80%

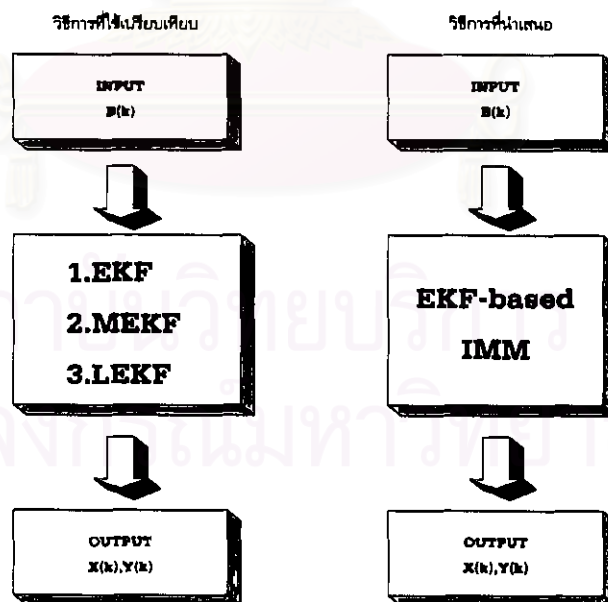
ปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์	ค่า $SNR_{dB}$
10%	18.9362
20%	15.9782
30%	14.2349
40%	12.9944
50%	12.0306
60%	11.2423
70%	10.5754
80%	9.9973

## 2) ในกลุ่มปัญหาที่ 3

- กำหนดให้ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการวัดในแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกัน โดยค่ากำลังกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.0087 - 0.0525 เเรเดียน ( หัวข้อ 2.2.2 ) ซึ่งในการทดสอบนี้จะทำการวัดจำนวน 10 ครั้ง โดยในการทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม เราจะดูความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการวัด

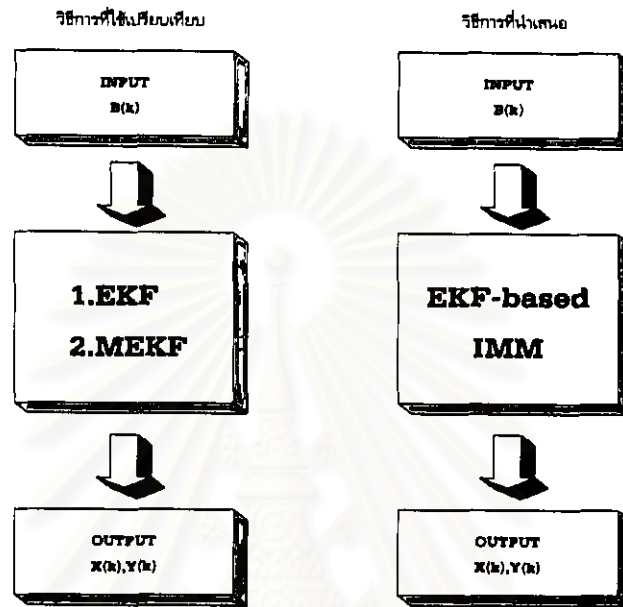
จากหัวข้อ 3.4.1 ในแต่ละกลุ่มของปัญหาจะเลือกใช้วิธีการหรืออัลกอริทึมใดในการเปรียบเทียบสามารถแสดงรูปแบบการทดสอบได้ดังนี้

- เมื่อพิจารณาสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ( กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 )



รูปที่ 3.3 รูปแบบการทดสอบ เมื่อพิจารณาสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ กรณีที่ใช้เครื่องดักจับหาทิศแบบเคลื่อนที่

- เมื่อพิจารณาสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์แต่ค่ากำลังแตกต่างกัน (กลุ่มที่ 3)



รูปที่ 3.4 รูปแบบการทดสอบ เมื่อพิจารณาสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์แต่ค่ากำลังแตกต่างกัน กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่

### 3.4.2 กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่ ( Multiple Fixed Observer )

ในขั้นแรกของการทดสอบในประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ค่าอินพุตที่สร้างขึ้นในรูปของ  $\beta(k) = \theta(k) + \eta(k)$  (ดูสมการที่ 2.2) โดยที่  $\theta(k)$  เป็นมุมทิศจริงที่แสดงในตารางที่ 3.2 ส่วน  $\eta(k)$  จะเป็นสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นตามกลุ่มที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบ จากการสร้างค่าอินพุตข้างต้น ต่อมาจะเป็นการสร้างโปรแกรมของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยที่วิธีการหรืออัลกอริทึมที่ใช้ทดสอบและปัญหาที่พิจารณา สรุปได้ดังนี้คือ

#### 3.4.2.1 อัลกอริทึมที่นำมาจำลองบนคอมพิวเตอร์ จะเหมือนกับหัวข้อ 3.4.1.1 และเพิ่มอีกวิธีการคือ

- อัลกอริทึมของไอเอ็มเอ็มที่มีวงจรรองกาลมานภายใน ( KF-based IMM ) ร่วมกับ อัลกอริทึมแบบทอริรี ( Torrieri ) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่นำเสนออีกหนึ่งวิธี ซึ่งมาจากแหล่งข้อมูลเดิมที่มีอยู่และจากการศึกษาในบทที่ 2 แล้วนำมาเขียนโปรแกรมทดสอบ

#### 3.4.2.2 ปัญหาที่นำมาพิจารณา จะเหมือนกับหัวข้อ 3.4.1.2

### 3.4.2.3 การทดสอบความทนทานของอัลกอริทึมภายในระบบ

ในการทดสอบแต่ละวิธีการ ตามกรณีที่น่ามาเปรียบเทียบนั้น จะใช้โปรแกรม Matlab ในการสร้างสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์และไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มและแบบลาปลาซที่มาจาก seed ชุดเดียวกัน ในลักษณะแบบสุ่ม โดยใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่ตั้งแต่ 2 เครื่อง จนถึง 4 เครื่อง ทำการวัดจำนวน 40 ครั้ง ด้วย 100 Monte Carlo Run ในแนวแกน x,y มีรายละเอียดดังนี้

#### 1) ในกลุ่มปัญหาที่ 1 และกลุ่มปัญหาที่ 2

- เพิ่มปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการแจกแจงแบบลาปลาซและแบบยูนิฟอร์มที่เข้ามาในระบบ ตั้งแต่ 5%-90% ของจำนวนครั้งที่ทำการวัด 40 ครั้ง การทดสอบความทนทานของอัลกอริทึมจะดูค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเทียบกับค่า SNR ที่เปลี่ยนไปตามปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่เข้ามา และเช่นเดียวกันค่า  $SNR_{dB}$  หาได้จากสมการที่ (3.9) และ (3.10) ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ค่า  $SNR_{dB}$  เมื่อปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ตั้งแต่ 5%-90%

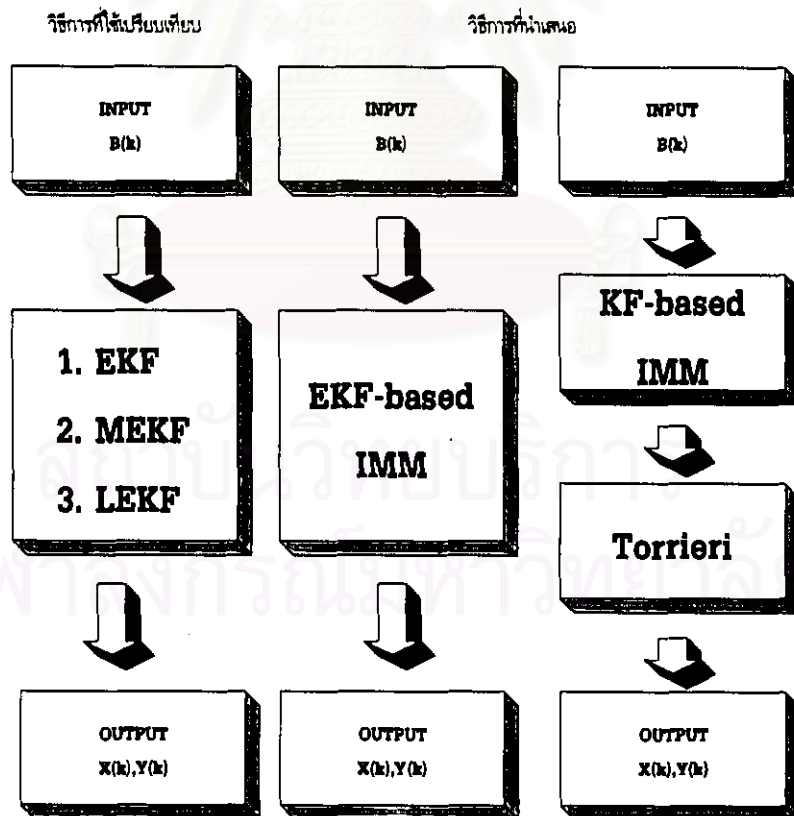
ปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์	ค่า $SNR_{dB}$
5%	21.8436
10%	18.9362
15%	17.2101
20%	15.9782
25%	15.0197
30%	14.2349
35%	13.5706
40%	12.9944
45%	12.4858
50%	12.0306
55%	11.6186
60%	11.2423
65%	10.8960
70%	10.5754
75%	10.2767
80%	9.9973
85%	9.7483
90%	9.4873

## 2) ในกลุ่มปัญหาที่ 3

- กำหนดให้ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการวัดในแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกัน โดยค่ากำลังกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.0087 - 0.0525 เรเดียน ( หัวข้อ 2.2.2 ) ซึ่งในการทดสอบนี้จะทำการวัดจำนวน 40 ครั้ง โดยในการทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม เราจะดูความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการวัด

จากหัวข้อ 3.4.2 ในแต่ละกลุ่มของปัญหาจะเลือกใช้วิธีการหรืออัลกอริทึมใดในการเปรียบเทียบสามารถแสดงรูปแบบการทดสอบได้ดังนี้

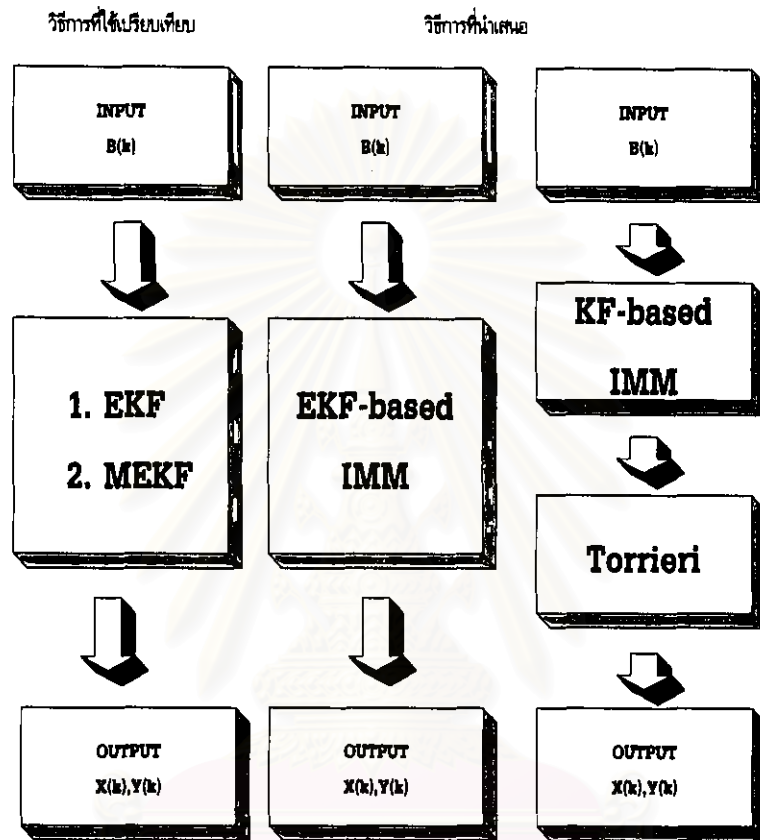
- เมื่อพิจารณาสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ( กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 )



รูปที่ 3.5 รูปแบบการทดสอบ เมื่อพิจารณาสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศทางแบบอยู่กับที่



- เมื่อพิจารณาสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์แต่ค่ากำลังแตกต่างกัน ( กลุ่มที่ 3 )



รูปที่ 3.6 รูปแบบการทดสอบ เมื่อพิจารณาสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์แต่ค่ากำลังแตกต่างกัน กรณีที่ใช้เครื่องตรวจจับหาคแบบอยู่กับที่

### 3.5 การกำหนดค่าเริ่มต้น

#### 3.5.1 กรณีที่ใช้เครื่องตรวจจับแบบเคลื่อนที่ [1]

ในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ อ้างอิงงานของ Karl Spingam [1] ซึ่งมีดังนี้

- ค่า A Priori Estimate ของแหล่งกำเนิดสัญญาณ อยู่ที่ 
$$\begin{bmatrix} \hat{x}_e(0) \\ \hat{y}_e(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 135 \\ 135 \end{bmatrix} \quad [1]$$

- ค่าความไม่แน่นอนเริ่มต้นของตำแหน่ง ( Initial Position Uncertainty ) [1] ของจุดที่ทำการวัด เพื่อนำไปสู่การหาค่า  $P(0/0)$  ให้หาจากสมการหลักคือ

$$\text{cov}(x, y) = B \text{cov}(x'', y'') B^T = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

โดยที่

$$B = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

$$\text{cov}(x'', y'') = F \text{cov}(\alpha_1, \alpha_2) F^T \quad (3.13)$$

$$\theta = \arctan[(y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)]; x_1, y_1, x_2, y_2 \text{ คือจุดที่วัด} \quad (3.14)$$

$$F = \begin{bmatrix} \frac{\partial x''}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial x''}{\partial \alpha_2} \\ \frac{\partial y''}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial y''}{\partial \alpha_2} \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

$$\frac{\partial x''}{\partial \alpha_1} = -ad \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 \quad (3.16)$$

$$\frac{\partial x''}{\partial \alpha_2} = ad \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 \quad (3.17)$$

$$\frac{\partial y''}{\partial \alpha_1} = -ad \sin^2 \alpha_2 \quad (3.18)$$

$$\frac{\partial y''}{\partial \alpha_2} = ad \sin^2 \alpha_1 \quad (3.19)$$

$$\text{ระยะทาง } a = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3.20)$$

$$d = 1 / \sin^2(\alpha_1 - \alpha_2) \quad (3.21)$$

- จากสมการที่ (3.11) - (3.21) ได้ค่า  $P(0/0)$  กำหนดไว้เท่ากับ  $\text{diag}(8.62, 89.05)$  [1]

- เพื่อไม่ให้เมตริกซ์  $P(k/k-1)$  เป็น Singular Matrix จึงกำหนดค่า  $q_{22} = 0.025^2 \text{ rad}^2$  [1]
- ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์กำหนดไว้ที่  $0.0175^2 \text{ rad}^2$  [1]
- ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบลาปลาซและแบบยูนิฟอร์ม กำหนดไว้ที่  $0.25^2 \text{ rad}^2$

### 3.5.2 กรณีที่ใช้เครื่องวัดกับหาทิศแบบอยู่กับที่ [2]

ในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ อ้างอิงงานของ พ.ต.สุรเดช [2] ซึ่งมีดังนี้

- ค่า A Priori Estimate ของพิกัดแหล่งกำเนิดสัญญาณ อยู่ที่ 
$$\begin{bmatrix} \hat{x}_e(0) \\ \hat{y}_e(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 13 \\ 13 \end{bmatrix}$$
 [2]
- ค่าความไม่แน่นอนเริ่มต้นของตำแหน่ง ( Initial Position Uncertainty ) ของจุดที่ทำการวัด เพื่อนำไปหาค่า  $P(0/0)$  เช่นเดียวกันหาได้จากสมการที่ (3.5) - (3.15) และค่า  $P(0/0)$  กำหนดไว้เท่ากับ  $\text{diag}(3^2)$  [2]
- ค่า  $q_{22} = 0.025^2 \text{ rad}^2$  [2]
- ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์กำหนดไว้ที่  $0.0175^2 \text{ rad}^2$  [2]
- ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบลาปลาซและแบบยูนิฟอร์มกำหนดไว้ที่  $0.25^2 \text{ rad}^2$

## 3.6 ผลการทดสอบที่ได้จากการจำลองแบบ

### 3.6.1 การแสดงผลการทดสอบในรูปแบบ Mean Square Errors

#### 3.6.1.1 กรณีที่ใช้เครื่องวัดกับหาทิศแบบเคลื่อนที่

สำหรับกรณีที่ใช้เครื่องวัดกับหาทิศแบบเคลื่อนที่ จะมีกรณีที่ใช้ทดสอบกรณีเดียวคือ กรณีที่ 1 ที่ใช้การวัดจำนวน 10 ครั้ง และมีการพิจารณากลุ่มของปัญหาอยู่ 3 กลุ่ม โดยที่กลุ่มปัญหาที่ 1 และกลุ่มที่ 2 จะทำการเพิ่มปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ดังกล่าวตั้งแต่ 10% ถึง 80 % ของจำนวนครั้งที่

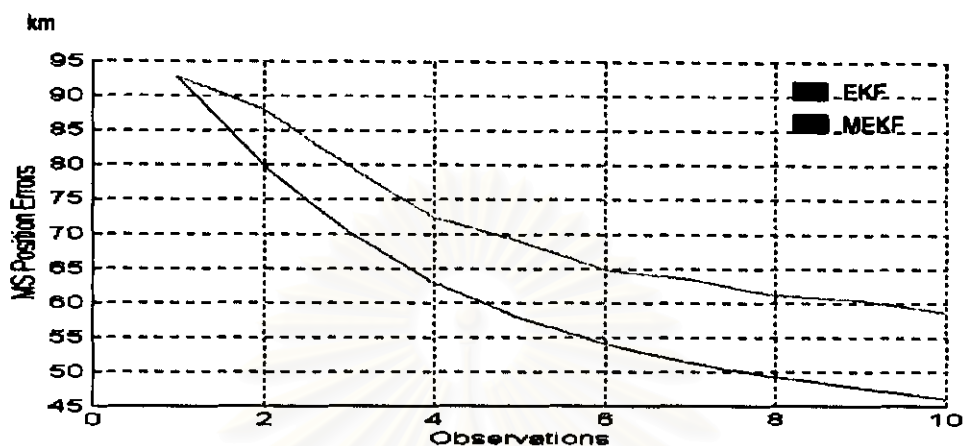
ทำการวัดและจะให้ปริมาณที่เพิ่มเข้ามา เพิ่มทีละ 10 % โดยในการทดสอบความทนทานนี้เราจะดูค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่า SNR ที่เปลี่ยนไปตามปริมาณของสัญญาณรบกวนของระบบ ซึ่งเป็นที่ทราบว่า เมื่อมีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เพิ่มมากขึ้น ค่า SNR ก็จะน้อยลง และเช่นเดียวกัน เมื่อมีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์น้อยลง ค่า SNR ก็จะมากขึ้น โดยค่าที่เราเลือกใช้หรือเลือกมาพล็อต ( Plot ) เมื่อมีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ณ ปริมาณหนึ่งนั้น จะอ้างอิงจากการปฏิบัติงานจริงคือ จะเลือกเอาที่ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้าย

ส่วนในกลุ่มปัญหาที่ 3 ซึ่งกำหนดให้ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ในแต่ละพื้นที่ที่มีการวัดแตกต่างกันนั้น ในการทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม จะเลือกดูค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการวัด โดยค่าที่นำมาพล็อตนั้น จะนำเอาค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้ง ตั้งแต่ครั้งที่ 1 ไปจนถึงครั้งที่ 10 มาพล็อต ซึ่งจะแตกต่างจากกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2

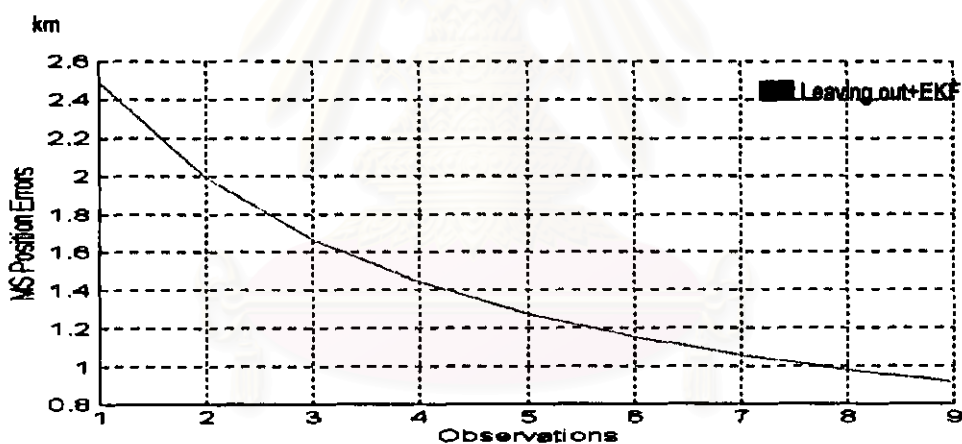
จากที่กล่าวมาในกลุ่มปัญหาที่ 1 และกลุ่มปัญหาที่ 2 ค่าที่เราเลือกมาใช้เมื่อมีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ณ ปริมาณหนึ่ง โดยเลือกเอาที่ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายนั้น ผู้วิจัยจะดยกตัวอย่างให้เห็นดังกราฟและตารางที่แสดงผล โดยผู้วิจัยจะยกตัวอย่างในกลุ่มปัญหาที่ 1 และเพื่อให้การยกตัวอย่างมีความครอบคลุม ผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างโดยจะให้มีการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่มีการแจกแจงแบบลาปลาซเข้ามาในระบบที่ 10% , 40% และ 80% ดังกราฟและตารางที่แสดงผลต่อไปนี้คือ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ภาพและตารางแสดงผลของแต่ละอัลกอริทึม เมื่อ Laplacian Noise เข้ามา 10% จากการวัด 10 ครั้ง



รูปที่ 3.7 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.8 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.9 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(EKF) ในรูป MSE บนแกน X

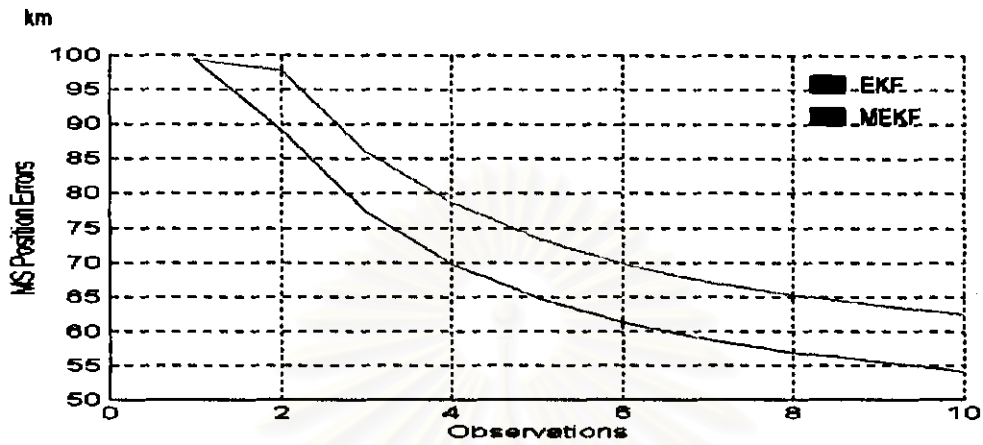
ตารางที่ 3.5 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE บนแกน X  
ที่ค่า SNR = 18.9362 dB หรือมี Laplacian Noise เข้ามา 10% จากการวัด 10 ครั้ง

OBSV	EKF	MEKF	LEKF	IMM	OBSV	EKF	MEKF	LEKF	IMM
1	92.8471	92.4871	2.4871	0.0356	5	54.0379	64.8859	1.1538	0.0312
2	79.7706	87.9922	1.9932	0.0336	7	51.3746	63.5260	1.0682	0.0310
3	70.2070	79.7873	1.6647	0.0328	8	49.3179	61.1394	0.9784	0.0310
4	62.9234	72.4913	1.4446	0.0317	9	47.5841	60.4148	0.9159	0.0310
5	57.7166	68.9461	1.2758	0.0314	10	46.0714	58.6808	-	0.0307

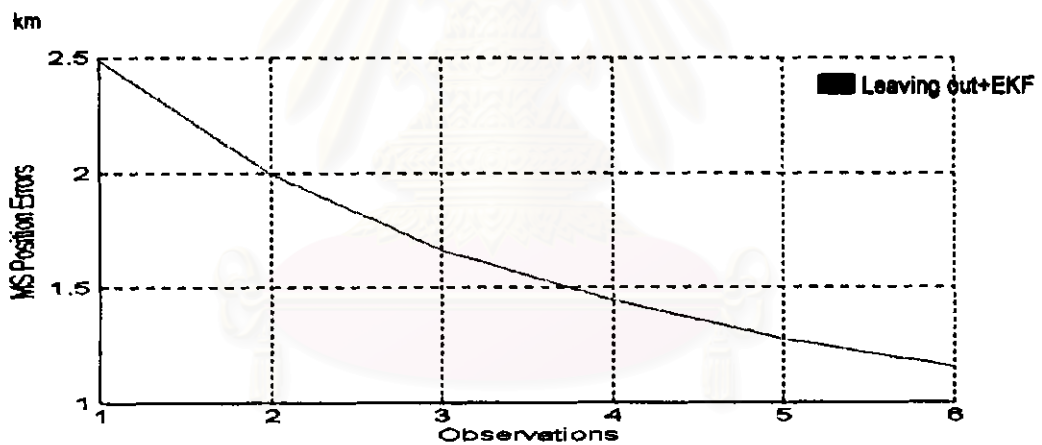
จากที่กล่าวมา การทดสอบความหนาทนทานของแต่ละอัลกอริทึม ที่ใช้ทดสอบในกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2 ค่าที่เราเลือกมาใช้ เมื่อมีปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการกระจายแบบลาปลาซ เข้ามา 10% จากการวัด 10 ครั้งนั้น เราจะเลือกค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายไปใช้ และจากตารางที่ 3.5 อธิบายได้ดังนี้คือ

ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของอัลกอริทึม EKF, MEKF และ IMM(EKF) คือ 46.0714, 58.6808 และ 0.0307 km ส่วนอัลกอริทึม LEKF นั้น เนื่องจากการตัดข้อมูลที่ผิดออกไป ดังนั้น จากการวัด 10 ครั้ง จึงมีค่าที่ติดอยู่ 9 ค่า โดยตัดค่าที่ผิดออกไป 1 ค่า ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ก็คือ 0.9159 km ( การตัดค่าที่ผิดออกไปนั้น ทำโดยกำหนดค่ามาตรฐานไว้ 1 ค่า ถ้าค่าที่วัดได้เกินกว่าค่ามาตรฐานก็จะตัดค่านั้นทิ้งไป )

- ภาพและตารางแสดงผลของแต่ละอัลกอริทึม เมื่อ Laplacian Noise เข้ามา 40% จากการวัด 10 ครั้ง



รูปที่ 3.10 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.11 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.12 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(EKF) ในรูป MSE บนแกน X



ตารางที่ 3.6 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE บนแกน X  
ที่ค่า SNR = 12.9944 dB หรือมี Laplacian Noise เข้ามา 40% จากการวัด 10 ครั้ง

OBSV	EKF	MEKF	LEKF	IMM	OBSV	EKF	MEKF	LEKF	IMM
1	99.4835	99.4835	2.4871	0.1955	6	61.2346	89.8633	1.1538	0.1692
2	89.1229	97.8523	1.9932	0.1870	7	58.7526	67.2276	-	0.1684
3	77.3125	86.8952	1.6647	0.1811	8	56.8840	65.3017	-	0.1678
4	89.7593	78.6766	1.4446	0.1741	9	55.5142	63.8177	-	0.1668
5	64.7499	73.4141	1.2758	0.1711	10	54.0987	62.5136	-	0.1658

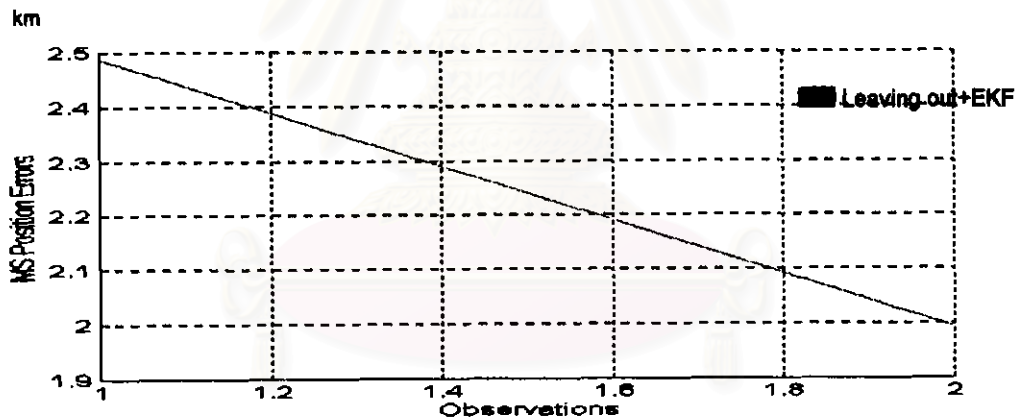
เช่นเดียวกับตัวอย่างข้างต้น สำหรับในตัวอย่างนี้ผู้วิจัยจะให้ปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการกระจายแบบลาปลาซ เข้ามา 40% จากการวัด 10 ครั้ง ซึ่งเราจะเลือกเอาค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายไปและจากตารางที่ 3.6 อธิบายได้ดังนี้คือ

ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของอัลกอริทึม EKF, MEKF และ IMM(EKF) คือ 54.0987, 62.5136 และ 0.1658 km ส่วนอัลกอริทึม LEKF นั้น เนื่องจากการตัดข้อมูลที่ไม่ดีออกไป ดังนั้น จากการวัด 10 ครั้ง จึงมีค่าที่ดีอยู่ 6 ค่า โดยตัดค่าที่ไม่ดีออกไป 4 ค่า ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ก็คือ 1.1538 km

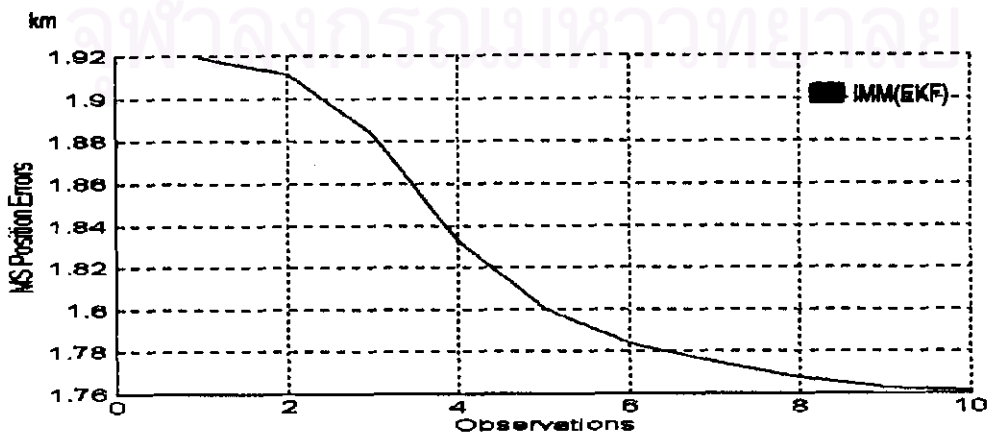
- กราฟและตารางแสดงผลของแต่ละอัลกอริทึม เมื่อ Laplacian Noise เข้ามา 80% จากการวัด 10 ครั้ง



รูปที่ 3.13 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.14 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.15 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(EKF) ในรูป MSE บนแกน X

ตารางที่ 3.7 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE บนแกน X  
ที่ค่า SNR = 9.9973 dB หรือมี Laplacian Noise เข้ามา 80% จากการวัด 10 ครั้ง

OBSV	EKF	MEKF	LEKF	IMM	OBSV	EKF	MEKF	LEKF	IMM
1	118.280	118.280	2.4871	1.9189	6	82.2778	90.8935	-	1.7839
2	106.499	111.844	1.9932	1.9116	7	79.1867	89.1237	-	1.7750
3	98.2934	106.627	-	1.8823	8	76.8739	88.8188	-	1.7676
4	91.6504	98.6078	-	1.8329	9	75.2223	88.2109	-	1.7626
5	86.6177	94.7098	-	1.8003	10	68.8638	83.6127	-	1.7613

จากตารางที่ 3.7 อธิบายได้ดังนี้คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายของอัลกอริทึม EKF, MEKF และ IMM(EKF) คือ 68.8638, 83.6217 และ 1.7613 km ส่วนอัลกอริทึม LEKF เนื่องจากเป็นการตัดข้อมูลที่ผิดออกไป ดังนั้น จากการวัด 10 ครั้ง จึงมีค่าที่ติดอยู่ 2 ค่า โดยตัดค่าที่ไม่ติดออกไป 8 ค่า ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ก็คือ 1.9932 km

จากทั้ง 3 ตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ ซึ่งกำหนดให้ปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เข้ามาในปริมาณต่างกัน โดยเก็บค่าสุดท้ายที่ได้จากการวัด เพื่อที่จะนำไปใช้ในการทดสอบทนทานของแต่ละอัลกอริทึมในกรณีที่ใช้เครื่องดักจับแบบเคลื่อนที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1) กลุ่มปัญหาที่ 1,2

- 1.1) ให้ปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เข้ามาตั้งแต่ 10%-80% ของการวัด 10 ครั้ง
- 1.2) เก็บค่าสุดท้ายของแต่ละปริมาณที่เข้ามาตามที่กำหนดไว้
- 1.3) การทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม จะดูจากค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมเมื่อเทียบกับค่า SNR ( ตารางที่ 3.3 ) ที่เปลี่ยนไปตามปริมาณของสัญญาณรบกวนของระบบ
- 1.4) นำค่าเฉลี่ยของแต่ละอัลกอริทึมมาเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ( % ) กับค่ามาตรฐานตามที่กองทัพบกกำหนดตามรัศมีในการทำลายเป้าหมายของปืนใหญ่ คือที่ระยะ 50 เมตร ( 0.05 กิโลเมตร )

#### 2) กลุ่มปัญหาที่ 3

- 2.1) การทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม จะดูค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการวัด 10 ครั้ง
- 2.2) นำค่าเฉลี่ยของแต่ละอัลกอริทึม มาเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับค่ามาตรฐานเช่นเดียวกับ ข้อ 1.4)

สำหรับ ผลการทดสอบในกรณีที่ใช้เครื่องดักจับแบบเคลื่อนที่ มีดังต่อไปนี้คือ

## ผลการทดสอบโดยรวมในรูป MSE กรณีที่ใช้เครื่องจักรรักษาพิเศษแบบเคลื่อนที่

ตารางที่ 3.14 ผลการทดสอบเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ที่ค่ามาตรฐาน 0.05 km  
กรณีที่ใช้เครื่องจักรรักษาพิเศษแบบเคลื่อนที่ของทุกอัลกอริทึมและทุกกลุ่มปัญหา

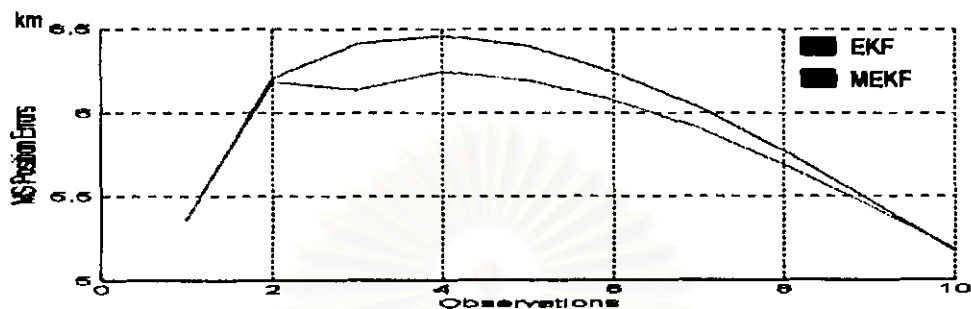
อัลกอริทึม	กลุ่มปัญหา	1		2		3	
		x	y	x	y	x	y
EKF		118004.1	374948.3	134975.6	266898.3	5279.76	11804.22
MEKF		139099.2	411879.5	168032.3	296348.5	9841.86	11583.76
LEKF		2331.925	3824.725	2520.125	3907.35	-	-
IMM		656.975	1036.55	563.9	1056.425	29.23236	389.46

- ตัวเลขสีน้ำเงิน แสดงว่า ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน
- ตัวเลขสีแดง แสดงว่า ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

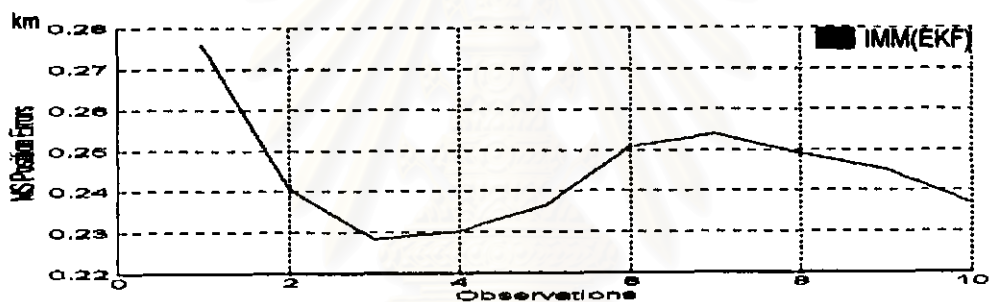
จากตารางที่ 3.14 ได้ผลการทดสอบว่า

### กลุ่มปัญหาที่ 1

- ค่าเฉลี่ยของทุกอัลกอริทึม ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จากน้อยไปมาก ทั้งแกน x และ y ตามลำดับดังนี้
  - 1.1) IMM ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 656.98 % และ 1036.55 %
  - 1.2) LEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 2331.925 % และ 3824.725 %
  - 1.3) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 118004.1 % และ 374.948.3 %
  - 1.4) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 139099.2 % และ 411879.5 %
- เปรียบเทียบแต่ละอัลกอริทึม ได้ผลว่า IMM ให้ผลที่ดีกว่า LEKF, EKF และ MEKF ในแกน x และ y ตามลำดับดังนี้
  - 2.1) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 1674.96 % และ 2788.175 %
  - 2.2) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 117347.126 % และ 373911.75 %
  - 2.3) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 138442.46 % และ 410842.96 %
- เมื่อเปรียบเทียบทุกอัลกอริทึมกับค่ามาตรฐาน พบว่า IMM ซึ่งเป็นงานวิจัยที่นำเสนอ ในแกน x IMM สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 18.9362 ขึ้นไป และในส่วน IMM ในแกน y , LEKF , EKF และ MEKF ทั้งในแกน x และ y ไม่สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์
- ค่า SNR ที่สูง มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าค่า SNR ที่ต่ำ
- ค่าความผิดพลาดในแนวแกน y มีค่ามากกว่าแนวแกน x



รูปที่ 3.26 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

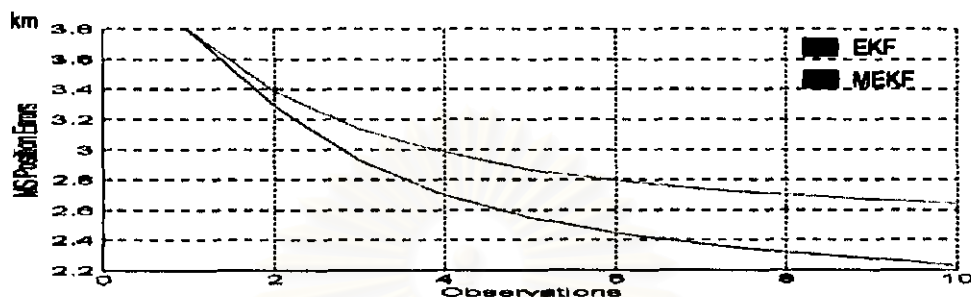


รูปที่ 3.27 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

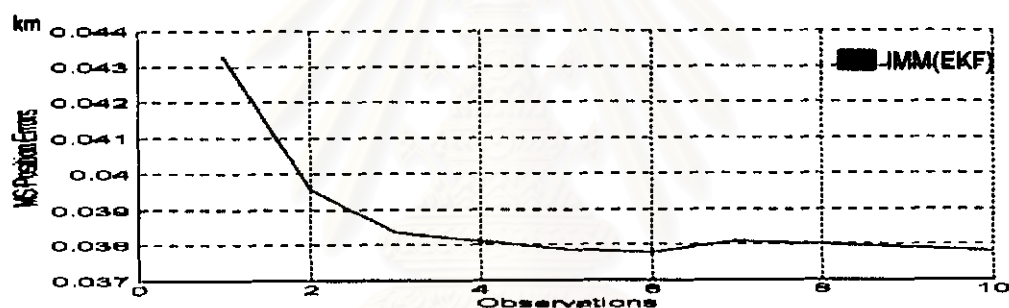
ตารางที่ 3.13 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

OBSV	EKF(km)	MEKF(km)	IMM(km)
1	5.3558	5.3558	0.276
2	6.2037	6.1834	0.2405
3	6.4137	6.137	0.2283
4	6.4595	6.2445	0.2302
5	6.3987	6.1914	0.2366
6	6.2386	6.0734	0.2508
7	6.0339	5.9115	0.254
8	5.7737	5.6921	0.249
9	5.4737	5.443	0.245
10	5.1698	5.1867	0.2369
MEAN	5.95211	5.84188	0.24473
%	11804.22	11583.76	389.46

- ผลการทดสอบในรูปแบบกราฟและตารางของกลุ่มปัญหาที่ 3 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 10-19 dB  
(ค่ากำลังของ Gaussian Noise แตกต่างกัน เมื่อทำการวัด 10 ครั้ง)



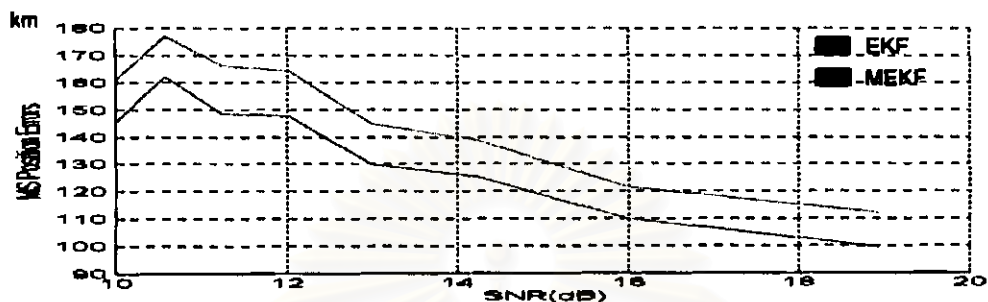
รูปที่ 3.24 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X



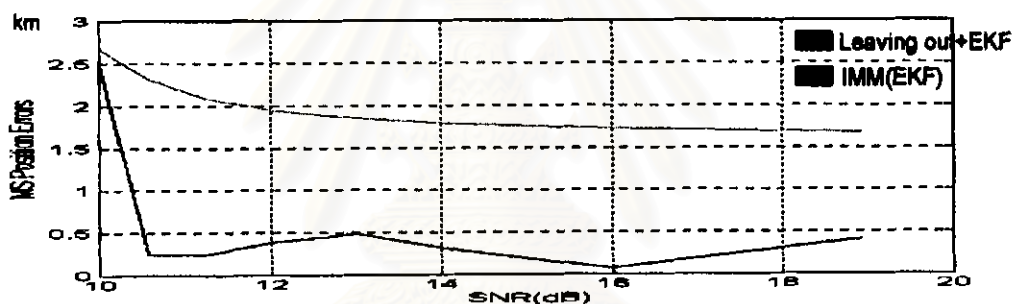
รูปที่ 3.25 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

ตารางที่ 3.12 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

OBSV	EKF(km)	MEKF(km)	IMM(km)
1	3.7971	3.7971	0.0433
2	3.2895	3.3875	0.0396
3	2.9289	3.1347	0.0384
4	2.6989	2.9831	0.0381
5	2.5454	2.8632	0.0379
6	2.4443	2.7941	0.0378
7	2.3731	2.7384	0.0381
8	2.3169	2.7033	0.038
9	2.276	2.6691	0.0379
10	2.2287	2.6388	0.0378
MEAN	2.68988	2.97093	0.03869
%	5279.76	5841.86	29.23236



รูปที่ 3.22 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y



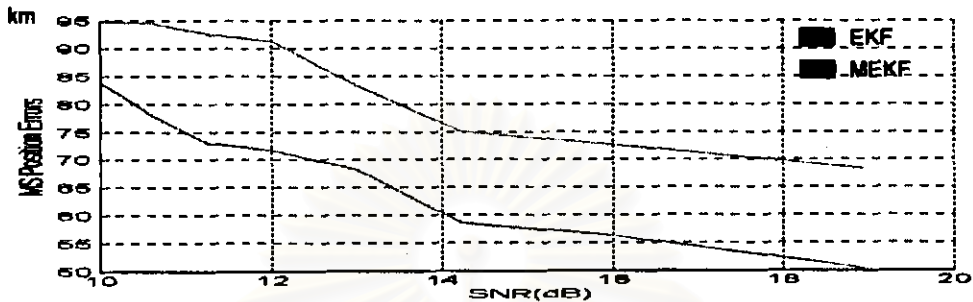
รูปที่ 3.23 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

ตารางที่ 3.11 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของปัญหาที่ 2 บนแกน Y

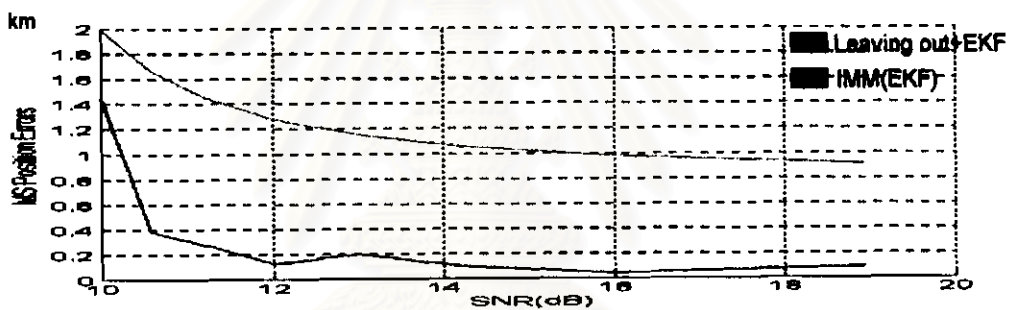
SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	IMM(km)
9.9973	145.315	160.862	2.6742	2.4997
10.5754	161.978	177.158	2.3118	0.2459
11.2423	148.541	166.173	2.0885	0.2468
12.0306	147.484	164.234	1.9404	0.3861
12.9944	129.827	144.604	1.8437	0.4846
14.2349	125.321	138.891	1.7756	0.2777
15.9782	110.009	121.7	1.7222	0.0694
18.9362	99.518	112.172	1.673	0.4155
MEAN	133.4991	148.2243	2.003675	0.578213
%	266898.3	296348.5	3907.35	1056.425



- ผลการทดสอบในรูปกราฟและตารางของกลุ่มปัญหาที่ 2 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 10-19 dB (มี Uniform Noise ตั้งแต่ 10%-80% ของการวัดจำนวน 10 ครั้ง)



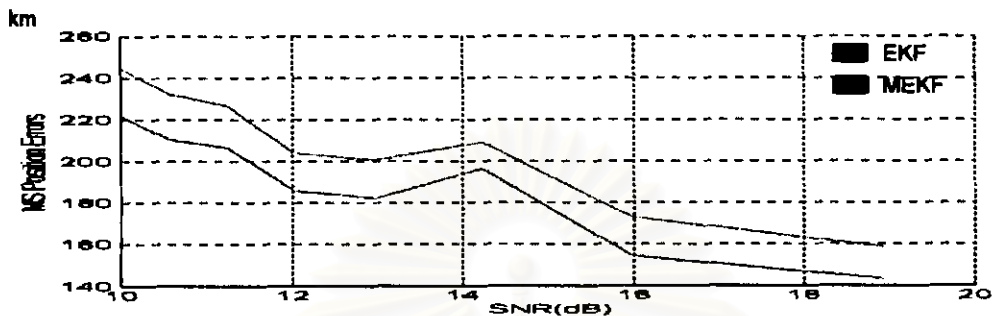
รูปที่ 3.20 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X



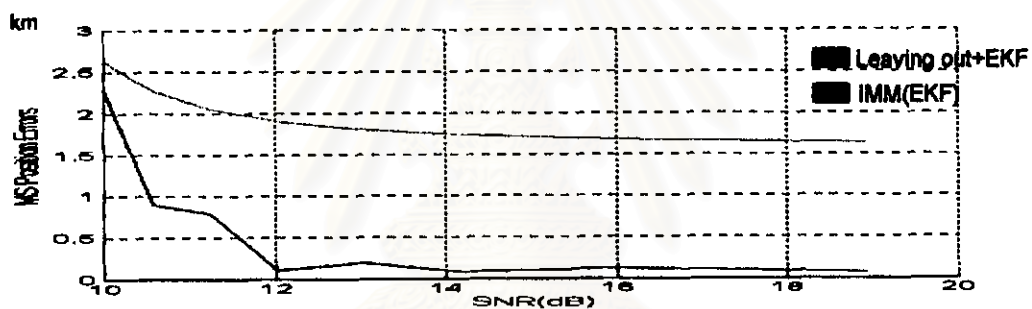
รูปที่ 3.21 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

ตารางที่ 3.10 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	IMM(km)
9.9973	83.8936	94.7443	1.9929	1.4482
10.5754	78.2254	94.5684	1.6645	0.3808
11.2423	73.06	92.57	1.4444	0.268
12.0306	71.5805	91.2256	1.2752	0.1253
12.9944	68.2355	83.3054	1.1533	0.2012
14.2349	58.5372	75.1093	1.0572	0.1025
15.9782	56.3932	72.6463	0.9777	0.0399
18.9362	50.3768	68.3599	0.9153	0.0897
MEAN	67.53778	84.06615	1.310063	0.33195
%	134975.6	168032.3	2520.125	563.9



รูปที่ 3.18 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

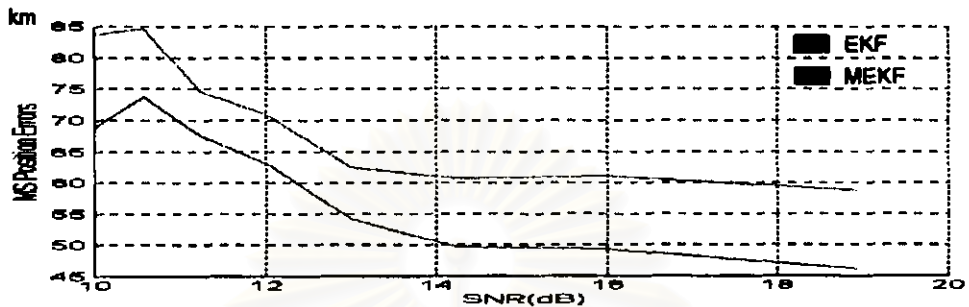


รูปที่ 3.19 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

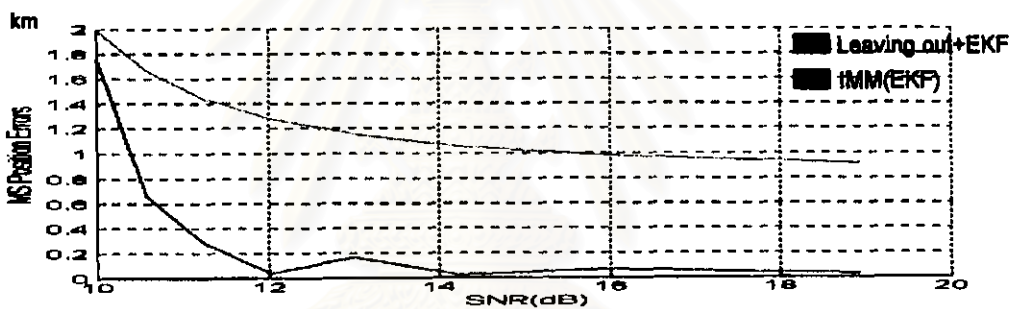
ตารางที่ 3.9 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	IMM(km)
9.9973	221.566	244.385	2.6269	2.2898
10.5754	210.299	232.062	2.267	0.8984
11.2423	206.429	226.544	2.0459	0.7898
12.0306	185.782	203.746	1.8995	0.106
12.9944	182.138	200.642	1.804	0.1907
14.2349	196.187	209.015	1.7367	0.0785
15.9782	154.602	172.93	1.6839	0.1263
18.9362	143.19	158.594	1.635	0.0667
MEAN	187.5241	205.9898	1.962363	0.568275
%	374948.3	411879.5	3824.725	1036.55

- ผลการทดสอบในรูปกราฟและตารางของกลุ่มปัญหาที่ 1 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 10-19 dB  
( มี Laplacian Noise ตั้งแต่ 10%-80% ของการวัด 10 ครั้ง )



รูปที่ 3.16 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X



รูปที่ 3.17 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF และ IMM(EKF)  
ในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

ตารางที่ 3.8 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	IMM(km)
9.9973	68.8638	83.6217	1.9932	1.7613
10.5754	73.763	84.688	1.6647	0.662
11.2423	67.564	74.5561	1.4446	0.2797
12.0306	62.9957	70.8649	1.2758	0.0363
12.9944	54.0987	62.5136	1.1538	0.1658
14.2349	49.6717	60.7548	1.0582	0.0263
15.9782	49.3882	61.117	0.9784	0.0658
18.9362	46.0714	58.6808	0.159	0.0307
MEAN	59.05206	69.59961	1.215963	0.378488
%	118004.1	139099.2	2331.925	656.975

## กลุ่มปัญหาที่ 2

- 1) ค่าเฉลี่ยของทุกอัลกอริทึม ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จากนั้นน้อยไปมาก ทั้งแกน  $x$  และ  $y$  ตามลำดับดังนี้
  - 1.1) IMM ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 563.9 % และ 1056.425 %
  - 1.2) LEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 2520.125 % และ 3907.35 %
  - 1.3) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 134975.6 % และ 266898.3 %
  - 1.4) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 168032.3 % และ 296348.5 %
- 2) เปรียบเทียบแต่ละอัลกอริทึม ได้ผลว่า IMM ให้ผลที่ดีกว่า LEKF, EKF และ MEKF ในแกน  $x$  และ  $y$  ตามลำดับดังนี้
  - 2.1) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 1956.25 % และ 2850.925 %
  - 2.2) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 134411.7 % และ 265841.875 %
  - 2.3) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 167468.4 % และ 295292.075 %
- 3) เมื่อเปรียบเทียบทุกอัลกอริทึมกับค่ามาตรฐาน พบว่า IMM, LEKF, EKF และ MEKF ทั้งในแกน  $x$  และ  $y$  ไม่สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์
- 4) ค่า SNR ที่สูง มีความผิดพลาดน้อยกว่าค่า SNR ที่ต่ำ
- 5) ค่าความผิดพลาดในแกน  $y$  มีค่ามากกว่าแกน  $x$

## กลุ่มปัญหาที่ 3

- 1) ค่าเฉลี่ยของ IMM ให้ผลที่ดีกว่าค่ามาตรฐานในแกน  $x$  แต่ให้ผลที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานในแกน  $y$  และในส่วนค่าเฉลี่ยของอัลกอริทึมอื่นๆ ให้ผลที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งในแกน  $x$  และ  $y$  ดังนี้
  - 1.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 29.23236 % ในแกน  $x$  และให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 389.46 % ในแกน  $y$
  - 1.2) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน  $x, y$  5279.76 % และ 11804.22 %
  - 1.3) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน  $x, y$  9841.86 % และ 11583.76 %
- 2) เปรียบเทียบแต่ละอัลกอริทึม ได้ผลว่า IMM ให้ผลที่ดีกว่า EKF และ MEKF ในแกน  $x$  และ  $y$  ตามลำดับดังนี้
  - 2.1) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 5308.99236 % และ 11414.76 %
  - 2.2) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 9871.09236 % และ 11194.3 %
- 3) เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัดของทุกอัลกอริทึมกับค่ามาตรฐาน พบว่า IMM ในแกน  $x$  ใช้ได้กับข้อมูลที่เป็นสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ แต่ค่ากำลังต่างกัน ได้ทุกครั้งที่ทำการวัด ส่วน IMM ในแกน  $y$  EKF และ MEKF ทั้งในแกน  $x$  และ  $y$  ไม่สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่เป็นสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ แต่ค่ากำลังต่างกัน ในทุกครั้งที่ทำการวัด
- 4) ค่าความผิดพลาดจะน้อยลง เมื่อจำนวนครั้งที่ทำการวัดมีมากขึ้น
- 5) ค่าความผิดพลาดในแนวแกน  $y$  มีค่ามากกว่าแนวแกน  $x$

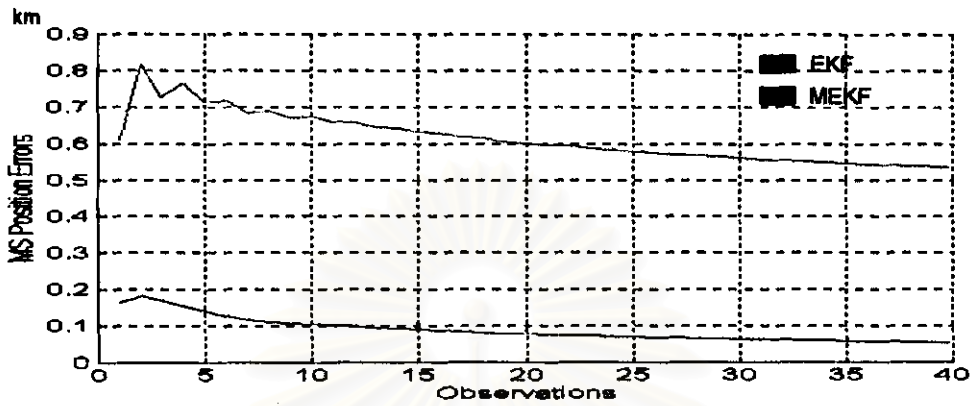
### 3.6.1.2 กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่

สำหรับกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่ จะมีกรณีที่ใช้ทดสอบอยู่ 6 กรณีดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.2 ซึ่งทั้ง 6 กรณี จะใช้การวัดจำนวน 40 ครั้ง และมีการพิจารณาในกลุ่มของปัญหาอยู่ 3 กลุ่มเช่นเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่แต่จะต่างกันที่ปริมาณที่เข้ามา โดยที่กลุ่มปัญหาที่ 1 และกลุ่มที่ 2 จะทำการเพิ่มปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ตั้งแต่ 5% ถึง 90 % ของจำนวนครั้งที่ทำการวัดและจะให้ปริมาณที่เพิ่มเข้ามา เพิ่มทีละ 5 % โดยในการทดสอบความทนทานนี้เราจะดูค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่า SNR ที่เปลี่ยนไปตามปริมาณของสัญญาณรบกวนของระบบ ซึ่งเป็นที่ทราบว่ามีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เพิ่มมากขึ้น ค่า SNR ก็จะน้อยลง และเมื่อมีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์น้อยลง ค่า SNR ก็จะมากขึ้น โดยค่าที่เราเลือกใช้หรือเลือกมาพล็อตเมื่อมีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ณ ปริมาณหนึ่งนั้น จะอ้างอิงจากการปฏิบัติงานจริงคือก็จะเลือกเอาที่ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายเช่นเดียวกัน

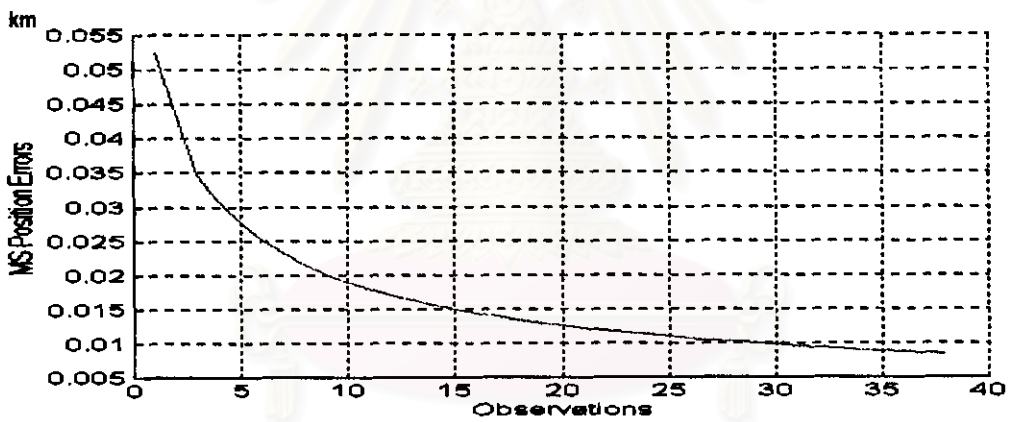
ส่วนในกลุ่มปัญหาที่ 3 ซึ่งกำหนดให้ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ในแต่ละพื้นที่ที่มีการวัดแตกต่างกันนั้น ในการทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม จะเลือกดูค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการวัด โดยค่าที่นำมาพล็อตนั้น จะนำเอาค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้ง ตั้งแต่ครั้งที่ 1 ไปจนถึงครั้งที่ 40 มาพล็อต ซึ่งจะแตกต่างจากกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2

จากที่กล่าวมาในกลุ่มปัญหาที่ 1 และกลุ่มปัญหาที่ 2 ค่าที่เราเลือกมาใช้เมื่อมีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ ณ ปริมาณหนึ่ง โดยเลือกเอาที่ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายนั้น ผู้วิจัยจะดยกตัวอย่างให้เห็นดังกราฟและตารางที่แสดงผลเช่นเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่ โดยในกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่ ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างในกรณีทดสอบที่ 3 และกลุ่มปัญหาที่ 1 และเพื่อให้การยกตัวอย่างมีความครอบคลุม ผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างโดยจะให้มีการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่มีการแจกแจงแบบลาปลาซเข้ามาในระบบที่ 5%, 50% และ 90% ดังกราฟและตารางที่แสดงผลต่อไปนี้คือ

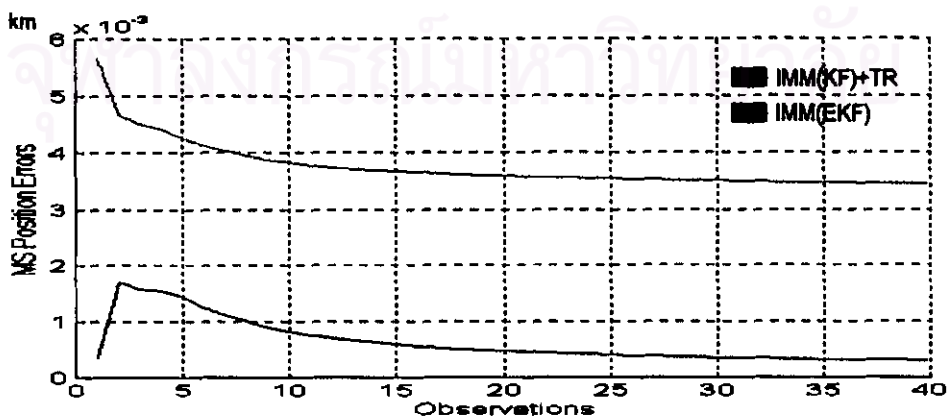
- ภาพและตารางแสดงผลของแตรร้อกรรรม เมื่อ Lapleclan Noise เข้มา 5% จากกรรวัด 40 คร้ง



รูปที่ 3.28 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.29 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.30 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE บนแกน X



ตารางที่ 3.15 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE บนแกน X  
ที่ค่า SNR = 21.8436 dB หรือมี Laplacian Noise เข้ามา 5% จากการวัด 40 ครั้ง

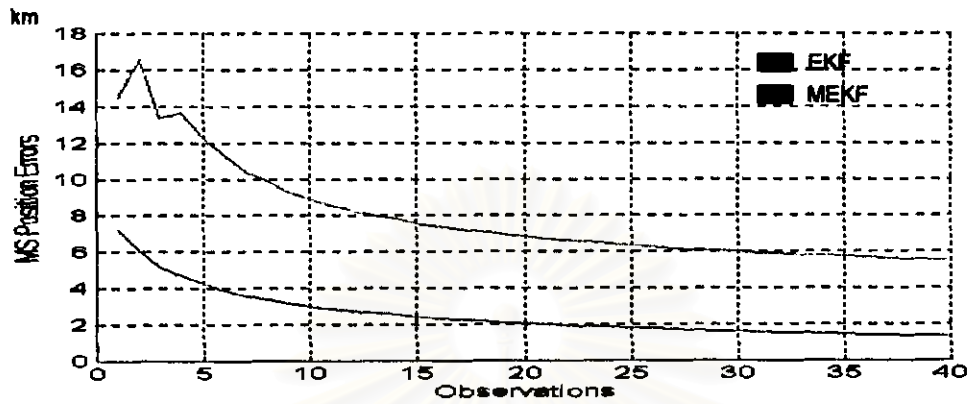
OBSV	EKF	MEKF	LEKF	ImmTR	IMM	OBSV	EKF	MEKF	LEKF	ImmTR	IMM
1	0.1645	0.6105	0.0525	0.0057	0.0003	21	0.0763	0.5953	0.0122	0.0036	0.0005
2	0.1810	0.6161	0.0429	0.0047	0.0017	22	0.0748	0.5928	0.0119	0.0036	0.0004
3	0.1877	0.7253	0.0348	0.0045	0.0016	23	0.0733	0.5866	0.0116	0.0036	0.0004
4	0.1545	0.7680	0.0306	0.0044	0.0015	24	0.0717	0.5839	0.0113	0.0035	0.0004
5	0.1402	0.7138	0.0278	0.0043	0.0014	25	0.0703	0.5794	0.0110	0.0035	0.0004
6	0.1273	0.7185	0.0252	0.0041	0.0013	26	0.0690	0.5760	0.0107	0.0035	0.0004
7	0.1174	0.6841	0.0232	0.0040	0.0011	27	0.0677	0.5709	0.0105	0.0035	0.0004
8	0.1098	0.6880	0.0215	0.0039	0.0010	28	0.0665	0.5684	0.0102	0.0035	0.0004
9	0.1072	0.6698	0.0201	0.0039	0.0009	29	0.0653	0.5638	0.0100	0.0035	0.0004
10	0.1049	0.6739	0.0190	0.0038	0.0008	30	0.0642	0.5616	0.0098	0.0035	0.0004
11	0.1021	0.6586	0.0180	0.0038	0.0008	31	0.0632	0.5574	0.0096	0.0035	0.0004
12	0.0987	0.6573	0.0170	0.0037	0.0007	32	0.0622	0.5553	0.0094	0.0035	0.0003
13	0.0959	0.6433	0.0163	0.0037	0.0007	33	0.0612	0.5514	0.0092	0.0035	0.0003
14	0.0931	0.6418	0.0156	0.0037	0.0006	34	0.0602	0.5493	0.0090	0.0035	0.0003
15	0.0902	0.6298	0.0149	0.0037	0.0006	35	0.0593	0.5458	0.0088	0.0035	0.0003
16	0.0876	0.6272	0.0144	0.0036	0.0006	36	0.0584	0.5438	0.0087	0.0035	0.0003
17	0.0851	0.6170	0.0139	0.0036	0.0005	37	0.0575	0.5405	0.0085	0.0035	0.0003
18	0.0824	0.6137	0.0134	0.0036	0.0005	38	0.0567	0.5386	0.0083	0.0034	0.0003
19	0.0800	0.6049	0.0130	0.0035	0.0005	39	0.0560	0.5360	-	0.0034	0.0003
20	0.0780	0.6024	0.0126	0.0035	0.0005	40	0.0559	0.5356	-	0.0033	0.0003

จากที่กล่าวมา การทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม ที่ใช้ทดสอบในกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2 ค่าที่เราเลือกมาใช้ เมื่อมีปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการกระจายแบบลาปลาซ เข้ามา 5% จากการวัด 40 ครั้งนั้น จะเลือกค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายไปใช้ และจากตารางที่ 3.15 อธิบายได้ดังนี้คือ

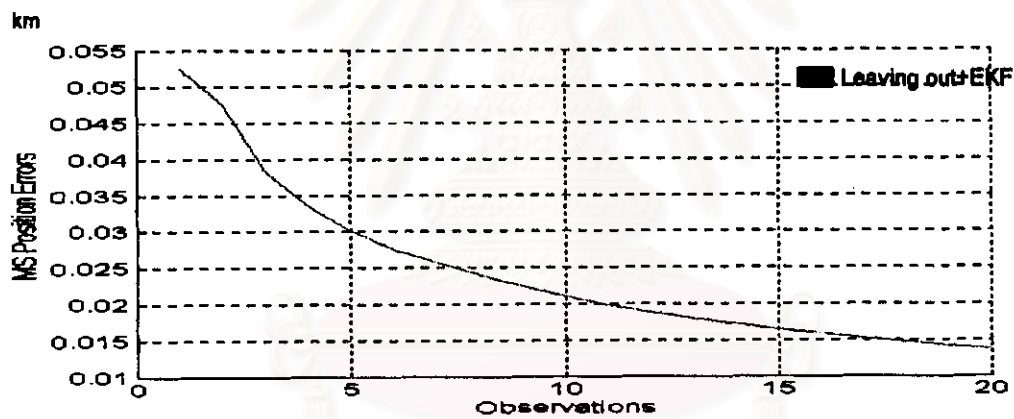
ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของอัลกอริทึม EKF, MEKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) คือ 0.0559, 0.5356, 0.0033 และ 0.0003 km ส่วนอัลกอริทึม LEKF นั้น เนื่องจากการตัดข้อมูลที่ไม่ดีออกไป ดังนั้น จากการวัด 40 ครั้ง จึงมีค่าที่ดีอยู่ 38 ค่า โดยตัดค่าที่ไม่ดีออกไป 2 ค่า ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ก็คือ 0.0083 km ( การตัดค่าที่ไม่ดีออกป็นั้น ใช้หลักการเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องตรวจจับทิศทางแบบเคลื่อนที่ )



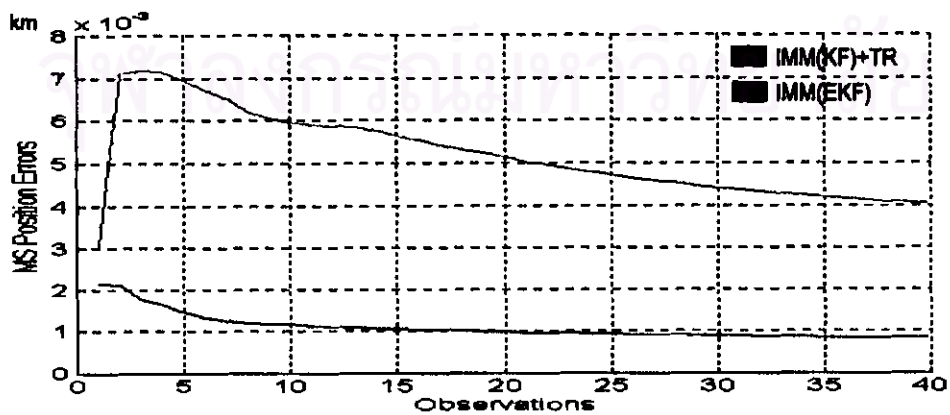
- ภาพและตารางแสดงผลของตัวกรองวิเทิม เมื่อ Laplacian Noise เข้ามา 50% จากกรวัด 40 ครั้ง



รูปที่ 3.31 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.32 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.33 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE บนแกน X

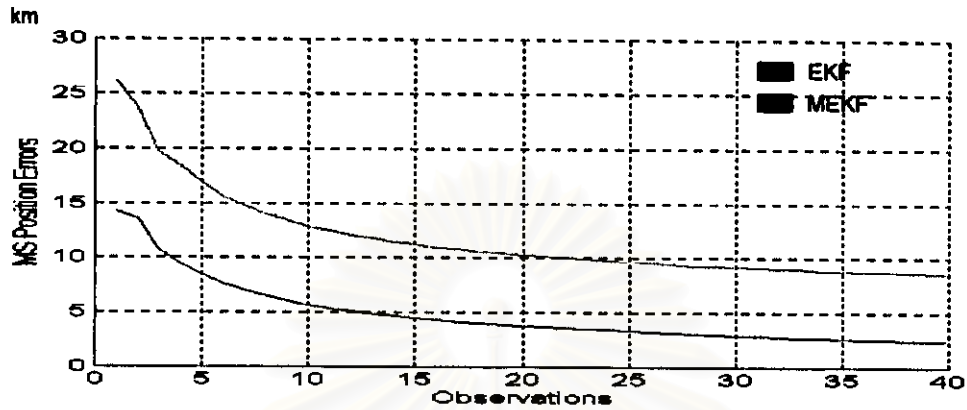
ตารางที่ 3.16 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE บนแกน X  
ที่ค่า SNR = 12.0306 dB หรือมี Laplacian Noise เข้ามา 50% จากการวัด 40 ครั้ง

OBSV	EKF	MEKF	LEKF	ImmTR	IMM	OBSV	EKF	MEKF	LEKF	ImmTR	IMM
1	7.2183	14.4590	0.0525	0.0030	0.0021	21	2.0146	6.7186	-	0.0050	0.0010
2	6.0723	16.5914	0.0478	0.0071	0.0021	22	1.9606	6.6260	-	0.0049	0.0010
3	5.1490	13.3309	0.0384	0.0072	0.0018	23	1.9116	6.5216	-	0.0049	0.0010
4	4.7076	13.8903	0.0335	0.0072	0.0016	24	1.8638	6.4411	-	0.0048	0.0009
5	4.2893	12.2327	0.0302	0.0070	0.0015	25	1.8197	6.3499	-	0.0047	0.0009
6	3.8865	11.3107	0.0276	0.0067	0.0013	26	1.7755	6.2805	-	0.0046	0.0009
7	3.5850	10.4175	0.0256	0.0065	0.0013	27	1.7323	6.1960	-	0.0046	0.0009
8	3.3724	9.8728	0.0241	0.0062	0.0012	28	1.6923	6.1356	-	0.0045	0.0009
9	3.1716	9.3130	0.0224	0.0061	0.0012	29	1.6539	6.0607	-	0.0045	0.0009
10	3.0030	8.9256	0.0211	0.0059	0.0012	30	1.6156	6.0040	-	0.0044	0.0009
11	2.8547	8.5406	0.0199	0.0059	0.0011	31	1.5795	5.9368	-	0.0044	0.0009
12	2.7271	8.2897	0.0189	0.0059	0.0011	32	1.5455	5.8867	-	0.0043	0.0009
13	2.6168	7.9940	0.0180	0.0059	0.0011	33	1.5138	5.8266	-	0.0043	0.0009
14	2.5143	7.7939	0.0172	0.0058	0.0011	34	1.4840	5.7825	-	0.0042	0.0009
15	2.4236	7.5719	0.0165	0.0056	0.0010	35	1.4549	5.7280	-	0.0042	0.0009
16	2.3444	7.4158	0.0159	0.0055	0.0010	36	1.4266	5.6863	-	0.0042	0.0008
17	2.2731	7.2394	0.0153	0.0054	0.0010	37	1.3999	5.6368	-	0.0041	0.0008
18	2.1994	7.1029	0.0148	0.0053	0.0010	38	1.3744	5.5994	-	0.0041	0.0008
19	2.1335	6.9529	0.0143	0.0052	0.0010	39	1.3501	5.5540	-	0.0041	0.0008
20	2.0735	6.8453	0.0138	0.0051	0.0010	40	1.3497	5.5537	-	0.0041	0.0008

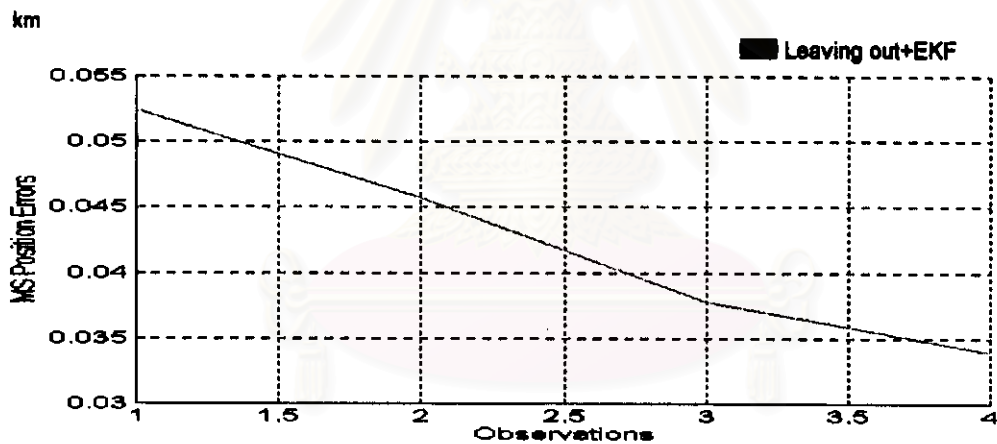
เช่นเดียวกับตัวอย่างข้างต้น สำหรับในตัวอย่างนี้ผู้วิจัยจะให้ปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่มีการกระจายแบบลาปลาซ เข้ามา 50% จากการวัด 40 ครั้ง ซึ่งเราจะเลือกเอาค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายไปและจากตารางที่ 3.16 อธิบายได้ดังนี้คือ

ค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของอัลกอริทึม EKF, MEKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) คือ 1.3497, 5.5537, 0.0041 และ 0.0008 km ส่วนอัลกอริทึม LEKF นั้น เนื่องจากการตัดข้อมูลที่ไม่ดีออกไป ดังนั้น จากการวัด 40 ครั้ง จึงมีค่าที่ได้อยู่ 20 ค่า โดยตัดค่าที่ไม่ดีออกไป 20 ค่า ค่าจากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ก็คือ 0.0138 km

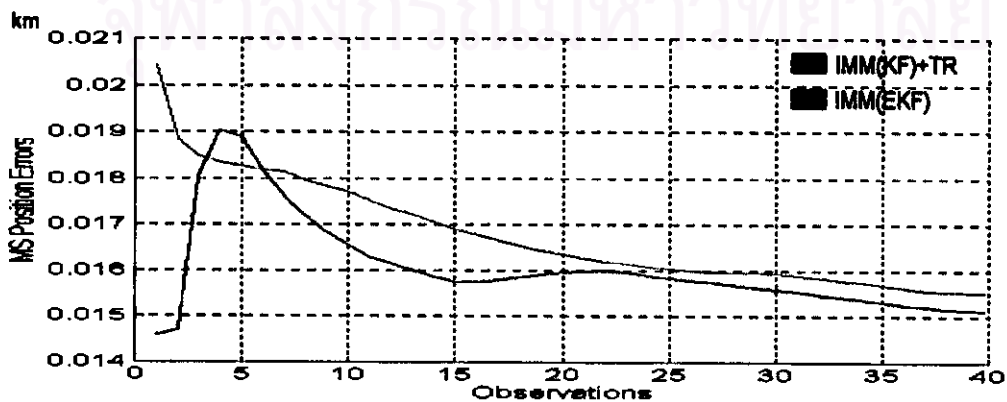
- กราฟและตารางแสดงผลของค่าคลาดเคลื่อนแต่ละอัลกอริทึม เมื่อ Laplacian Noise เข้ามา 90% จากการวัด 40 ครั้ง



รูปที่ 3.34 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE บนแกน X



รูปที่ 3.35 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF ในรูป MSE บนแกน X (90% Laplacian)



รูปที่ 3.36 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE บนแกน X

ตารางที่ 3.17 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE บนแกน X  
ที่ค่า SNR = 9.4873 dB หรือมี Laplacian Noise เข้ามา 90% จากการวัด 40 ครั้ง

OBSV	EKF	MEKF	LEKF	ImmTR	IMM	OBSV	EKF	MEKF	LEKF	ImmTR	IMM
1	14.2493	26.1179	0.0625	0.0204	0.0146	21	3.6867	10.1792	-	0.0163	0.0160
2	13.5402	23.6743	0.0457	0.0188	0.0147	22	3.5944	9.9907	-	0.0162	0.0160
3	10.8492	19.6833	0.0378	0.0186	0.0180	23	3.4979	9.9308	-	0.0161	0.0159
4	9.4806	18.4432	0.0339	0.0183	0.0190	24	3.4003	9.7583	-	0.0161	0.0159
5	8.5774	16.9658	-	0.0183	0.0189	25	3.3101	9.7041	-	0.0160	0.0158
6	7.8731	15.5393	-	0.0182	0.0182	26	3.2224	9.5506	-	0.0160	0.0158
7	7.0203	14.8089	-	0.0181	0.0176	27	3.1435	9.5026	-	0.0160	0.0157
8	6.5127	13.9897	-	0.0180	0.0172	28	3.0704	9.3652	-	0.0160	0.0157
9	6.0379	13.4647	-	0.0178	0.0168	29	3.0012	9.3263	-	0.0159	0.0156
10	5.6576	12.8282	-	0.0177	0.0165	30	2.9325	9.1998	-	0.0159	0.0156
11	5.3395	12.4994	-	0.0175	0.0163	31	2.8686	9.1665	-	0.0159	0.0156
12	5.0630	12.0261	-	0.0174	0.0161	32	2.8072	9.0506	-	0.0158	0.0156
13	4.8286	11.7996	-	0.0172	0.0160	33	2.7471	9.0217	-	0.0158	0.0154
14	4.5270	11.4337	-	0.0170	0.0159	34	2.6908	8.9143	-	0.0157	0.0154
15	4.4444	11.2529	-	0.0169	0.0157	35	2.6369	8.8903	-	0.0157	0.0153
16	4.2803	10.9455	-	0.0168	0.0158	36	2.5854	8.7911	-	0.0156	0.0153
17	4.1344	10.8187	-	0.0166	0.0158	37	2.5366	8.7705	-	0.0156	0.0152
18	4.0062	10.5636	-	0.0165	0.0159	38	2.4899	8.6790	-	0.0155	0.0152
19	3.8915	10.4670	-	0.0164	0.0159	39	2.4450	8.6651	-	0.0155	0.0151
20	3.7912	10.2563	-	0.0163	0.0159	40	2.4459	8.6612	-	0.0155	0.0151

จากตารางที่ 3.17 อธิบายได้ดังนี้คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE จากการวัดครั้งสุดท้ายของ EKF, MEKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) คือ 2.4459, 8.6612, 0.0155 และ 0.0151 km ส่วน อัลกอริทึม LEKF จากการวัด 40 ครั้ง มีค่าที่ติดอยู่ 4 ค่า ตัดค่าที่ไม่ติดออกไป 36 ค่า ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดครั้งสุดท้ายซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ก็คือ 0.0339 km

จากทั้ง 3 ตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ ซึ่งกำหนดให้ปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เข้ามาในปริมาณต่างกัน โดยเก็บค่าสุดท้ายที่ได้จากการวัด เพื่อที่จะนำไปใช้ในการทดสอบทฤษฎีของแต่ละอัลกอริทึมในกรณีที่ใช้เครื่องดักจับแบบอยู่กับที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) กลุ่มปัญหาที่ 1,2

1.1) ใช้กรณีทดสอบ 6 กรณี

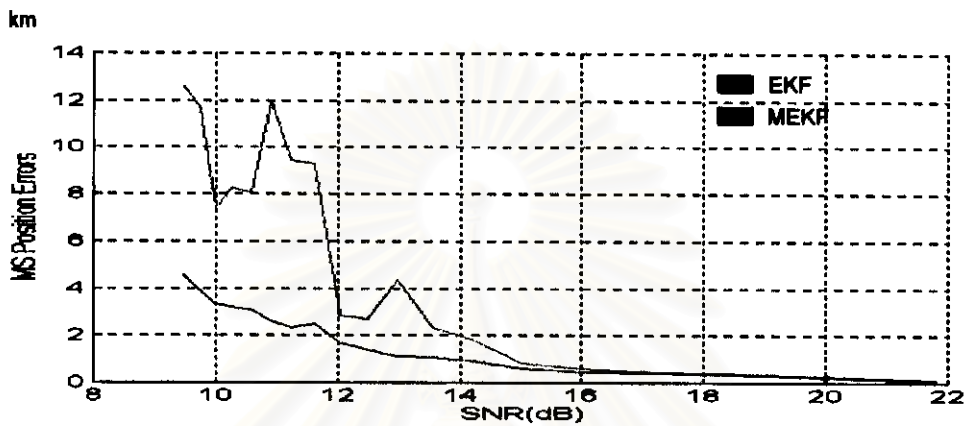
1.2) ให้ปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เข้ามาตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง

- 1.3) เก็บค่าสุดท้ายของแต่ละปริมาณที่เข้ามาตามที่กำหนดไว้
  - 1.4) การทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม จะดูจากค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมเมื่อเทียบกับค่า SNR ( ตารางที่ 3.4 ) ที่เปลี่ยนไปตามปริมาณของสัญญาณรบกวนของระบบ
  - 1.5) นำค่าเฉลี่ยของแต่ละอัลกอริทึม มาเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ( % ) กับค่ามาตรฐานตามที่กองทัพบก กำหนดตามรัศมีทำลายเป้าหมายของปืนใหญ่ ที่ระยะ 50 เมตร ( 0.05 กิโลเมตร ) เช่นเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่
- 2) กลุ่มปัญหาที่ 3
- 2.1) ใช้กรณีทดสอบ 6 กรณี
  - 2.2) การทดสอบความทนทานของแต่ละอัลกอริทึม จะดูค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการวัด 40 ครั้ง
  - 2.3) นำค่าเฉลี่ยของแต่ละอัลกอริทึม มาเทียบเป็นร้อยละกับค่ามาตรฐานเช่นเดียวกับ ข้อ 1.4)

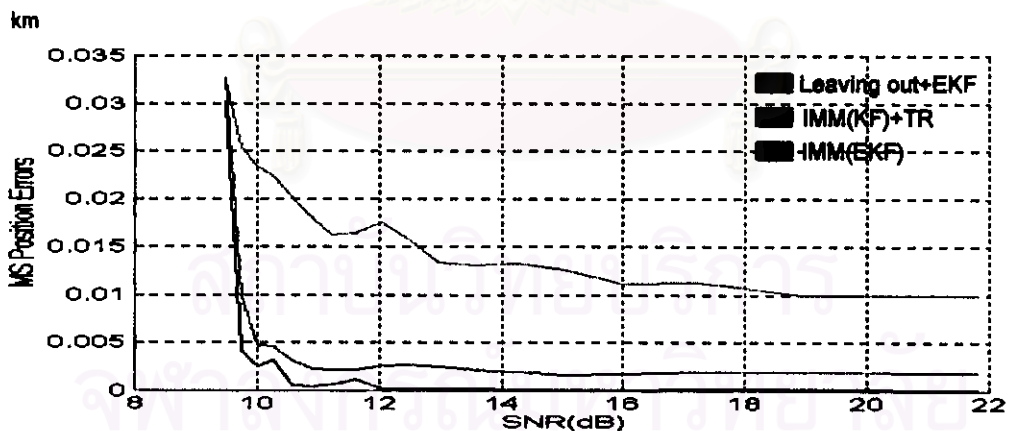
สำหรับ ผลการทดสอบในกรณีที่ใช้เครื่องดักรับแบบเคลื่อนที่ มีดังต่อไปนี้คือ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 1 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



รูปที่ 3.37 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

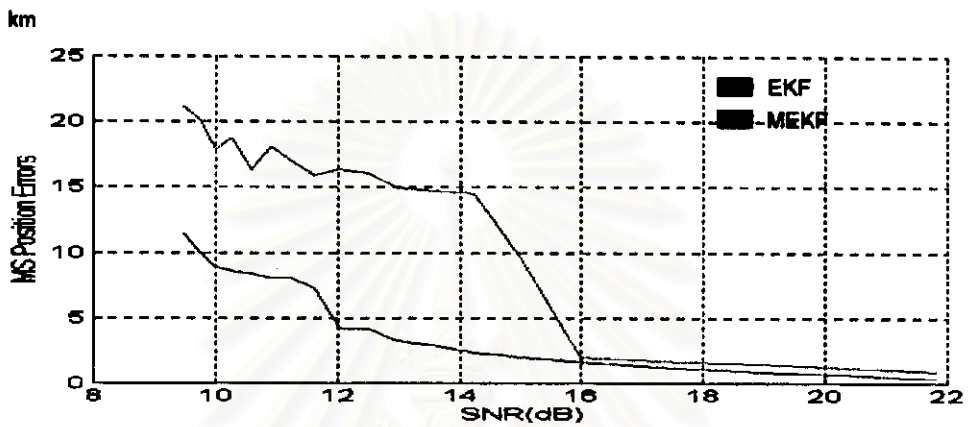


รูปที่ 3.38 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

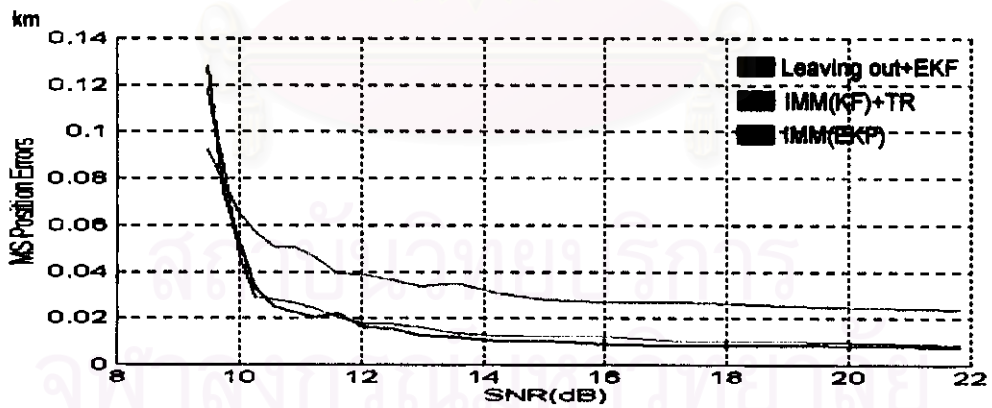
ตารางที่ 3.18 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	4.5483	12.5625	0.0324	0.0327	0.0302
9.7348	3.8874	11.7061	0.0255	0.0099	0.0042
9.9973	3.3119	7.4012	0.0234	0.0047	0.0025
10.2767	3.1988	8.2416	0.0225	0.0047	0.0032
10.5754	3.0753	8.0619	0.0201	0.003	0.0005
10.896	2.6265	11.9947	0.018	0.0023	0.0004
11.2423	2.2301	9.4317	0.0162	0.0021	0.0006
11.6186	2.519	9.2938	0.0165	0.0022	0.0011
12.0306	1.6821	2.8526	0.0175	0.0026	0.0002
12.4858	1.3812	2.7197	0.0157	0.0027	0.0002
12.9944	1.1095	4.3684	0.0133	0.0025	0.0002
13.5705	1.0471	2.3228	0.0131	0.0021	0.0002
14.2349	0.9017	1.7927	0.0133	0.0019	0.0001
15.0197	0.6229	0.809	0.0126	0.0017	0.0001
15.9782	0.4643	0.6278	0.0112	0.0017	0.0001
17.2101	0.4141	0.4461	0.0113	0.0019	0.0002
18.9362	0.2922	0.3526	0.01	0.0019	0.0002
21.8436	0.0718	0.1229	0.01	0.0019	0.0001
<b>MEAN</b>	<b>1.854678</b>	<b>5.283783</b>	<b>0.016811</b>	<b>0.004583</b>	<b>0.002461</b>
<b>%</b>	<b>3609.356</b>	<b>10467.57</b>	<b>197.4223</b>	<b>990.9091</b>	<b>1931.603</b>





รูปที่ 3.39 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

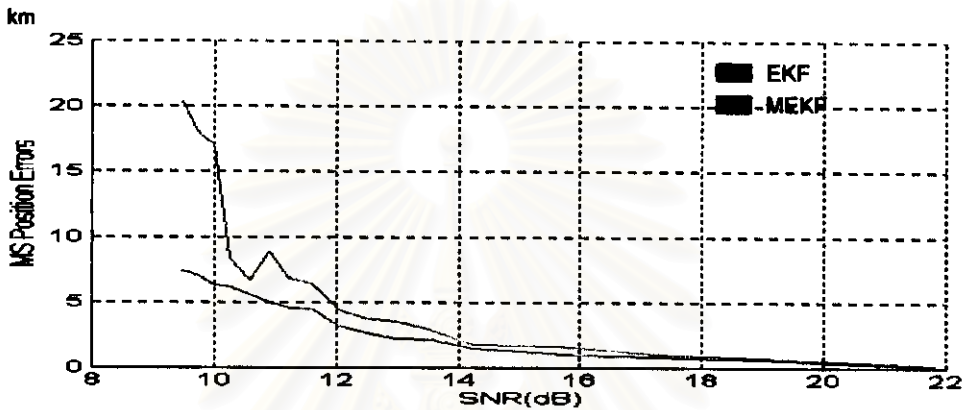


รูปที่ 3.40 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

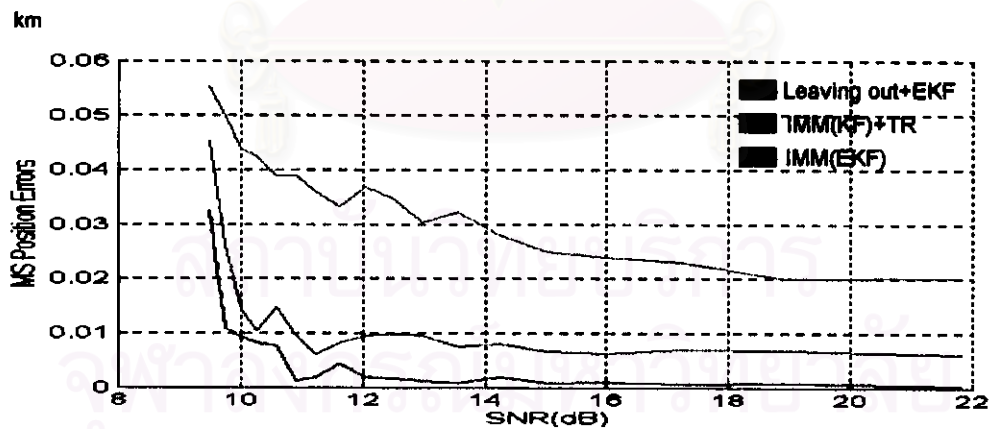
ตารางที่ 3.19 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	11.4559	21.0803	0.0924	0.1179	0.1282
9.7348	9.9967	20.1912	0.0783	0.0842	0.0743
9.9973	8.8646	17.8565	0.0652	0.0468	0.0529
10.2767	8.5785	18.762	0.0572	0.0292	0.0333
10.5754	8.3631	16.3125	0.0504	0.0281	0.0252
10.896	8.0757	18.0833	0.0507	0.0269	0.0227
11.2423	8.0474	17.0418	0.0463	0.0243	0.0207
11.6186	7.2614	15.8829	0.0391	0.0205	0.022
12.0306	4.1927	16.3239	0.0387	0.0177	0.0158
12.4858	4.2152	16.0578	0.0366	0.0176	0.0156
12.9944	3.201	14.9603	0.0336	0.016	0.0129
13.5705	2.8963	14.7544	0.0349	0.0136	0.0121
14.2349	2.3608	14.5351	0.0307	0.0127	0.0105
15.0197	1.9661	9.5054	0.028	0.0125	0.0102
15.9782	1.647	1.9854	0.0269	0.0121	0.009
17.2101	1.2177	1.6585	0.0259	0.0103	0.0086
18.9362	0.873	1.4894	0.0256	0.0102	0.0084
21.8436	0.3667	0.8851	0.024	0.0088	0.0076
<b>MEAN</b>	5.198878	13.18699	0.043583	0.0283	0.027222
<b>%</b>	10297.76	26273.98	14.72275	76.67845	83.67347

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 1 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



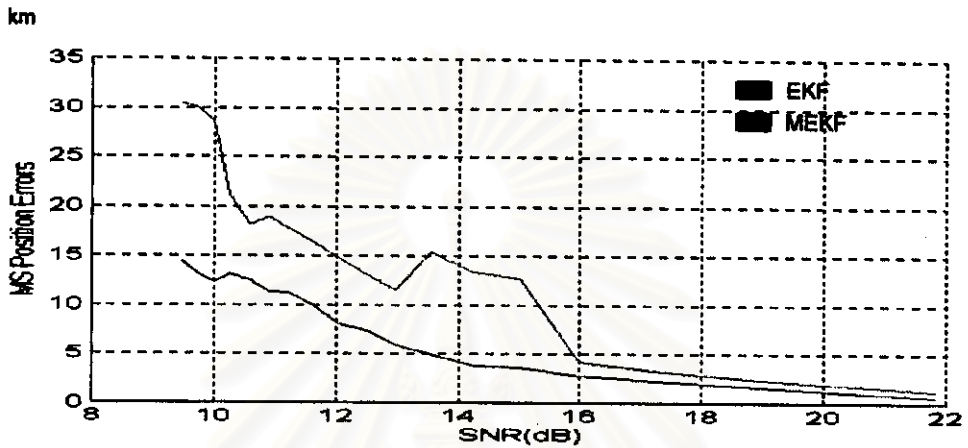
รูปที่ 3.41 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X



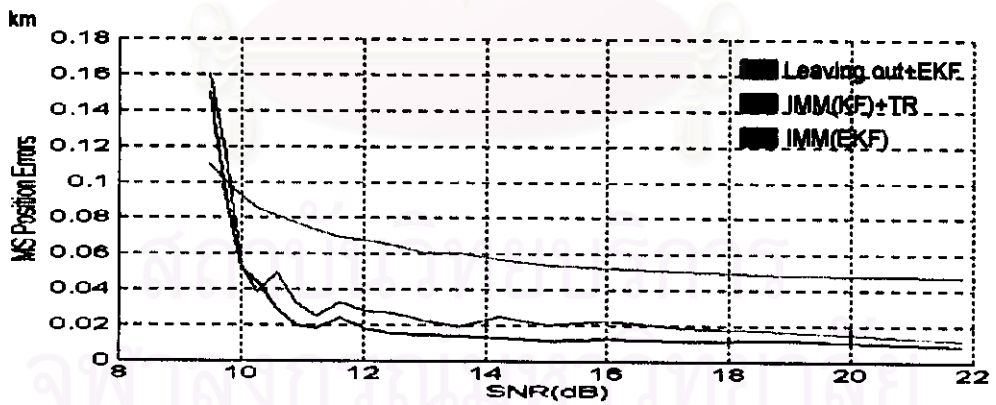
รูปที่ 3.42 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

ตารางที่ 3.20 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 2 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	7.3938	20.4132	0.0552	0.0423	0.0325
9.7348	7.0346	17.9614	0.0499	0.0263	0.011
9.9973	6.2924	17.0591	0.0439	0.0145	0.0093
10.2767	6.1935	8.3923	0.0424	0.0104	0.0083
10.5754	5.5576	6.66721	0.0388	0.0148	0.0078
10.896	4.9674	8.8385	0.0389	0.0095	0.0012
11.2423	4.5176	6.8055	0.0358	0.0061	0.0019
11.6186	4.4973	6.3991	0.0332	0.0083	0.0044
12.0306	3.1231	4.4171	0.0367	0.0094	0.002
12.4858	2.6305	3.7166	0.0347	0.0099	0.0016
12.9944	2.1755	3.5446	0.0302	0.0096	0.0013
13.5705	2.1591	2.842	0.0323	0.0076	0.0009
14.2349	1.4998	1.7741	0.028	0.008	0.002
15.0197	1.2235	1.6911	0.0249	0.0067	0.0008
15.9782	0.9344	1.5088	0.024	0.0064	0.001
17.2101	0.8274	1.0602	0.023	0.0071	0.0007
18.9362	0.5567	0.7478	0.0201	0.0069	0.0008
21.8436	0.0818	0.1861	0.0203	0.0061	0.0004
<b>MEAN</b>	<b>3.425889</b>	<b>6.334706</b>	<b>0.034017</b>	<b>0.011661</b>	<b>0.004883</b>
<b>%</b>	<b>6751.778</b>	<b>12569.41</b>	<b>46.98677</b>	<b>328.7756</b>	<b>923.8908</b>



รูปที่ 3.43 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y.

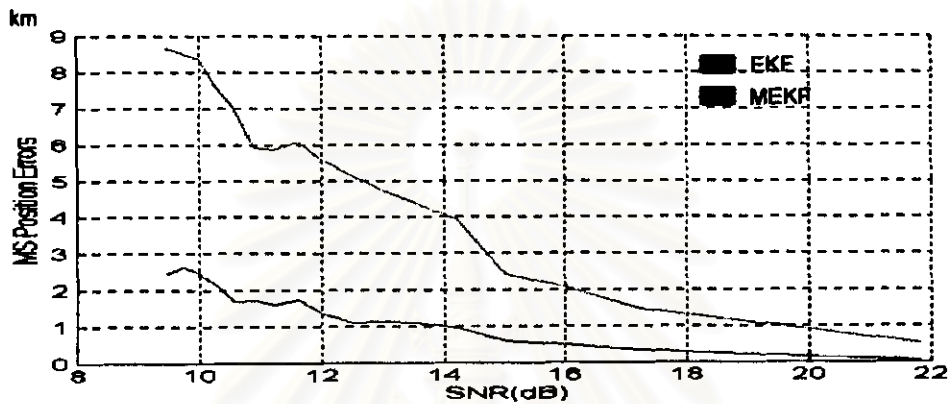


รูปที่ 3.44 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

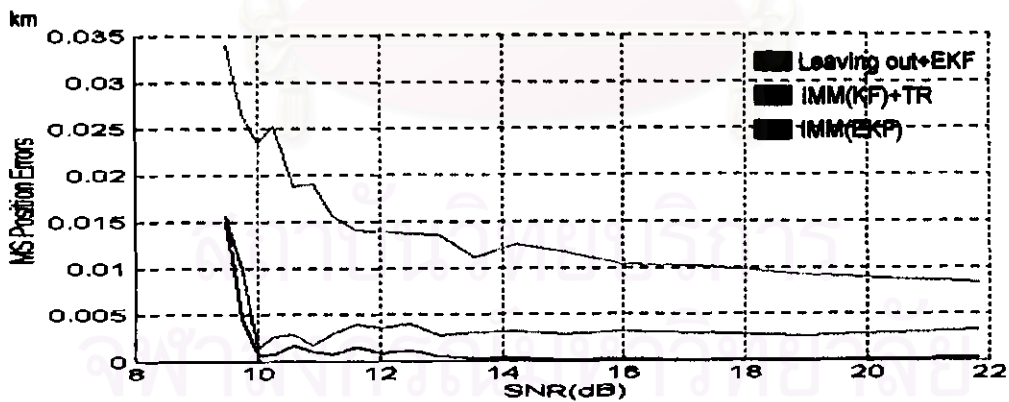
ตารางที่ 3.21 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 2 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	14.3814	30.4011	0.1097	0.1605	0.1501
9.7348	13.1307	29.9913	0.1005	0.1156	0.0926
9.9973	12.3043	28.6423	0.0924	0.0533	0.0525
10.2767	13.1013	21.1155	0.0853	0.0384	0.0449
10.5754	12.5243	18.1676	0.0811	0.0495	0.0293
10.896	11.3244	18.909	0.0773	0.0324	0.0203
11.2423	11.165	17.7769	0.0733	0.0252	0.0185
11.6186	9.9483	16.4262	0.069	0.0325	0.0243
12.0306	8.0412	14.7992	0.0677	0.0278	0.0181
12.4858	7.3699	13.1856	0.0647	0.0267	0.0153
12.9944	5.829	11.4705	0.0609	0.0229	0.0149
13.5705	4.9761	15.3977	0.0609	0.0196	0.0141
14.2349	3.8106	13.3752	0.0568	0.0246	0.013
15.0197	3.5674	12.7769	0.054	0.0204	0.0115
15.9782	2.7903	4.2398	0.0525	0.0228	0.0125
17.2101	2.2283	3.2655	0.0507	0.0191	0.0114
18.9362	1.5973	2.3626	0.0486	0.0169	0.0121
21.8436	0.5807	1.2475	0.0476	0.0122	0.0092
MEAN	7.70392	15.1972	0.06961	0.04002	0.03137
%	15307.8	30294.5	39.2222	24.9306	59.4049

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 1 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



รูปที่ 3.45 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

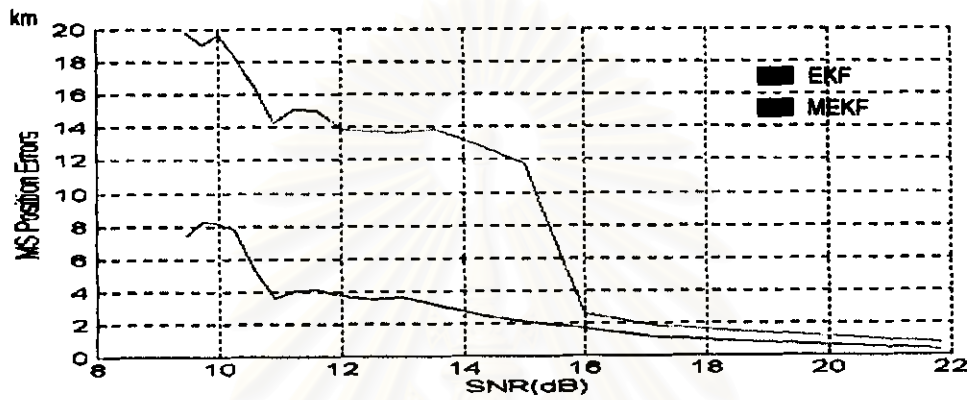


รูปที่ 3.46 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

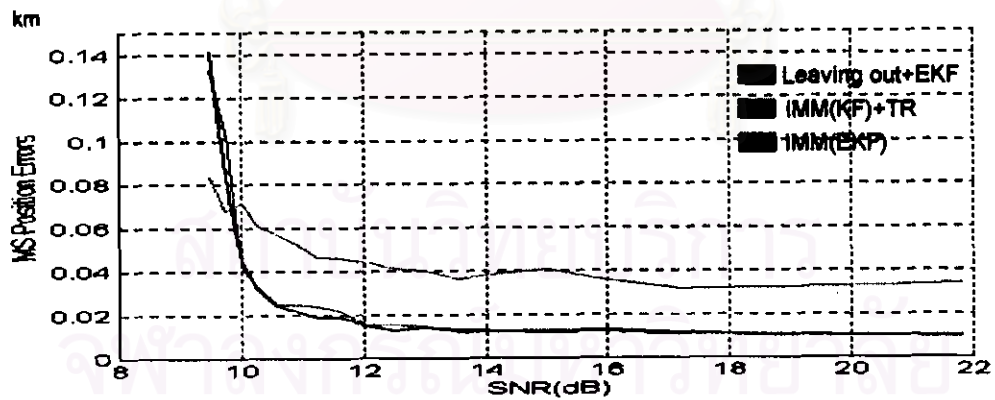


ตารางที่ 3.22 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 3 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	2.4459	8.6612	0.0339	0.0155	0.0151
9.7348	2.6445	8.4925	0.0268	0.0099	0.0046
9.9973	2.4425	8.3735	0.0235	0.0014	0.0008
10.2767	2.1699	7.6314	0.0253	0.0027	0.0007
10.5754	1.6938	6.9749	0.0188	0.0029	0.0018
10.896	1.7238	5.9163	0.0191	0.0017	0.001
11.2423	1.6092	5.8574	0.0156	0.003	0.0007
11.6186	1.7548	6.0669	0.0141	0.004	0.0015
12.0306	1.3497	5.5537	0.0138	0.0041	0.0008
12.4858	1.1141	5.135	0.0137	0.004	0.0012
12.9944	1.135	4.7523	0.0136	0.0028	0.0005
13.5705	1.1183	4.3708	0.011	0.0031	0.0003
14.2349	0.9556	3.9038	0.0126	0.0032	0.0003
15.0197	0.6191	2.4197	0.0117	0.0029	0.0001
15.9782	0.5	2.0916	0.0104	0.0032	0.0002
17.2101	0.3349	1.4812	0.0102	0.0029	0.0001
18.9362	0.2054	1.1267	0.0092	0.0026	0.0001
21.8436	0.0559	0.5356	0.0083	0.0033	0.0003
<b>MEAN</b>	1.32624	4.96358	0.0162	0.00407	0.00167
<b>%</b>	2552.49	9827.17	208.642	1129.51	2890.03



รูปที่ 3.47 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

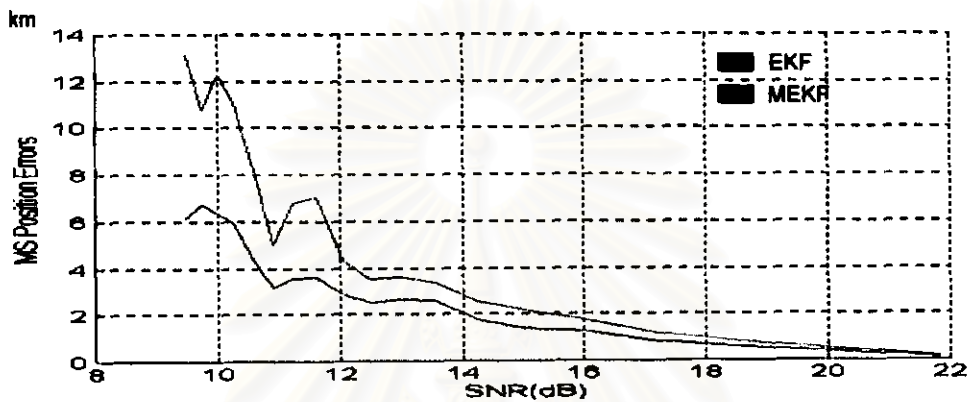


รูปที่ 3.48 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

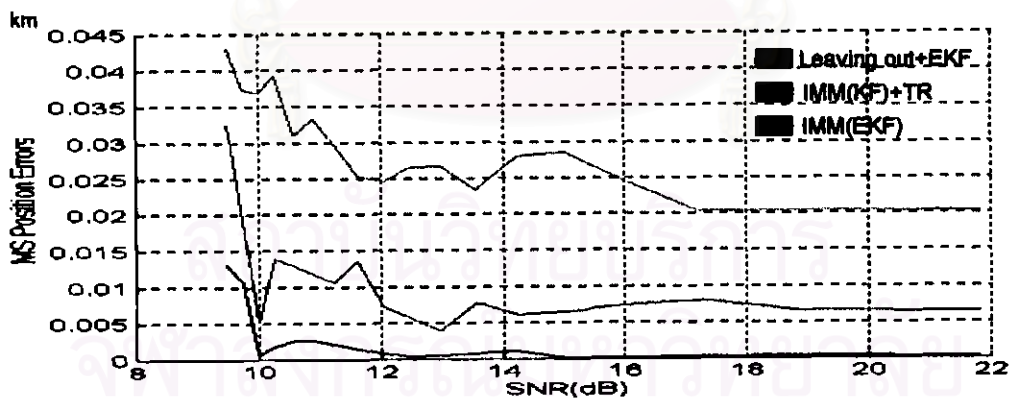
ตารางที่ 3.23 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 3 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	7.4622	19.7877	0.085	0.133	0.1414
9.7348	8.2732	19.0191	0.0687	0.1037	0.0838
9.9973	8.1567	19.622	0.0719	0.0425	0.0445
10.2767	7.7414	18.3762	0.0616	0.0325	0.0315
10.5754	5.3504	16.5027	0.0563	0.0247	0.0238
10.896	3.5976	14.2605	0.0528	0.0245	0.0215
11.2423	4.071	15.0929	0.0464	0.024	0.0189
11.6186	4.1148	15.0189	0.0454	0.0214	0.0191
12.0306	3.6868	13.8489	0.0434	0.0155	0.015
12.4858	3.5235	13.7489	0.0407	0.0152	0.0125
12.9944	3.6183	13.6805	0.0399	0.0144	0.014
13.5705	3.1712	13.843	0.0366	0.012	0.0132
14.2349	2.5015	12.8985	0.0388	0.0123	0.0123
15.0197	2.1085	11.7207	0.041	0.0129	0.0119
15.9782	1.7263	2.5714	0.0358	0.0131	0.0123
17.2101	1.1357	1.8275	0.0315	0.0119	0.0109
18.9362	0.8155	1.3882	0.0321	0.0101	0.0105
21.8436	0.3626	0.7805	0.0335	0.0101	0.0097
MEAN	3.96762	12.4438	0.04786	0.02966	0.02816
%	7835.24	24787.6	4.48108	68.6025	77.5848

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 1 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



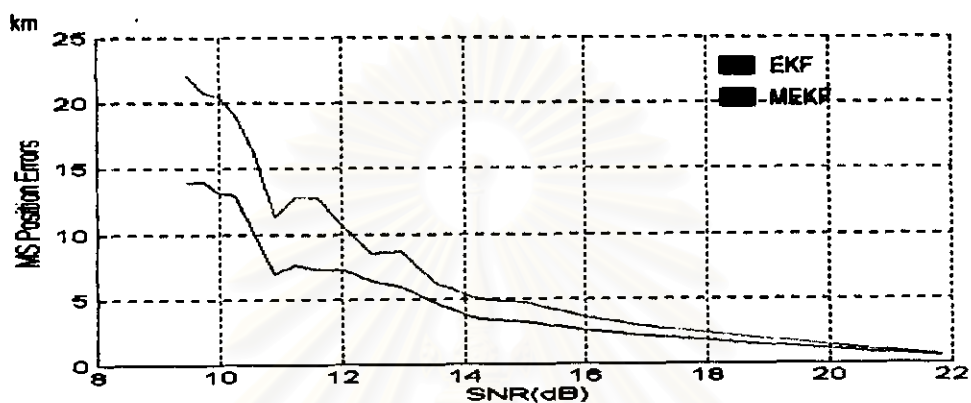
รูปที่ 3.49 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X



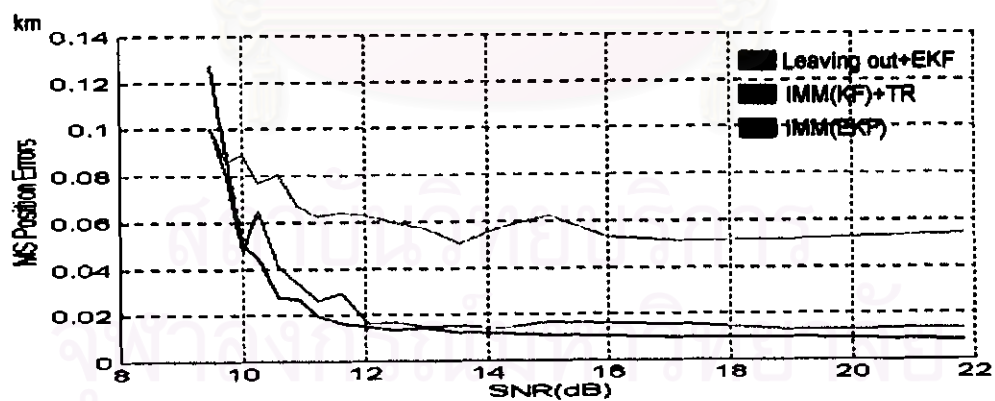
รูปที่ 3.50 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

ตารางที่ 3.24 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 4 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	6.1566	13.0902	0.043	0.0325	0.0131
9.7348	6.7451	10.7951	0.0374	0.0191	0.0107
9.9973	6.373	12.3156	0.0368	0.0051	0.0007
10.2767	5.8973	11.0984	0.0391	0.0139	0.0019
10.5754	4.3966	8.2725	0.031	0.013	0.0026
10.896	3.1627	5.0182	0.0332	0.0117	0.0027
11.2423	3.5829	6.7734	0.0296	0.0107	0.0021
11.6186	3.6175	7.0409	0.0253	0.0136	0.0015
12.0306	2.8853	4.3348	0.0245	0.0072	0.0007
12.4858	2.5017	3.5128	0.0265	0.0057	0.0005
12.9944	2.6374	3.5991	0.0267	0.0039	0.0006
13.5705	2.5844	3.3552	0.0233	0.0077	0.0008
14.2349	1.7612	2.5273	0.028	0.006	0.0011
15.0197	1.4155	2.1552	0.0285	0.0065	0.0002
15.9782	1.2579	1.7566	0.0245	0.0074	0.0002
17.2101	0.8232	1.1671	0.0203	0.008	0.0003
18.9362	0.587	0.759	0.0205	0.0066	0.0004
21.8436	0.1113	0.1525	0.0204	0.0065	0.0002
MEAN	3.1387	5.42911	0.02881	0.01028	0.00224
%	6177.4	10758.2	73.5442	386.224	2133.25



รูปที่ 3.51 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y



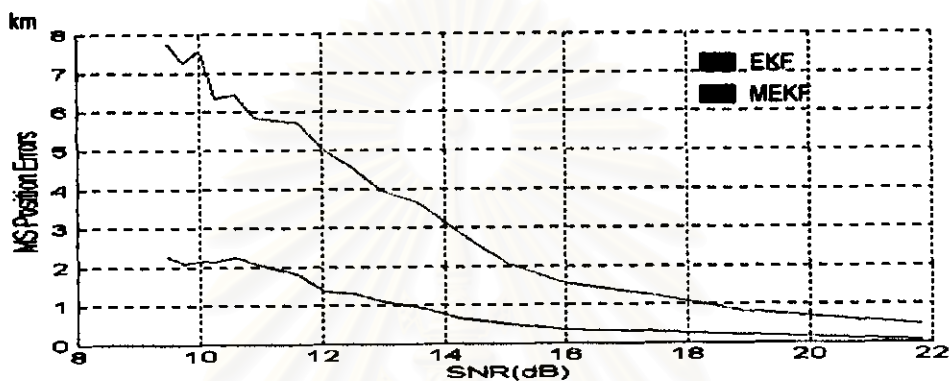
รูปที่ 3.52 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

ตารางที่ 3.26 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

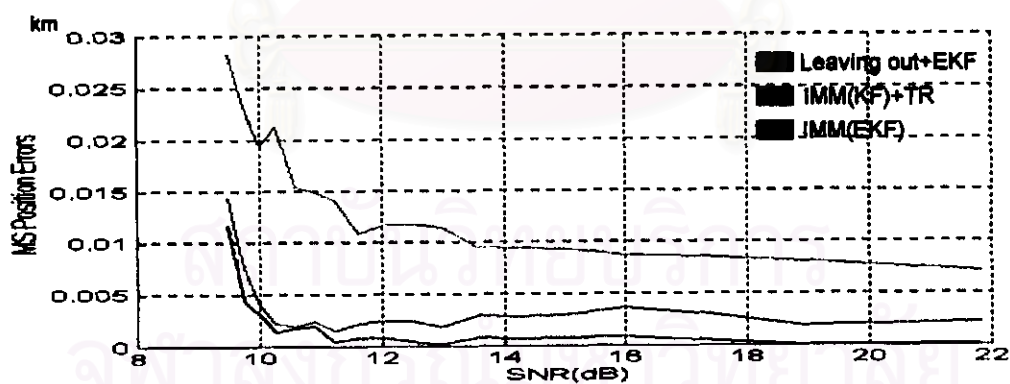
SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	13.9138	22.074	0.1001	0.1	0.1272
9.7348	14.0363	20.7257	0.0858	0.0796	0.0873
9.9973	13.1331	20.4911	0.089	0.0475	0.05
10.2767	13.0094	19.144	0.0768	0.0649	0.0448
10.5754	9.8487	16.0964	0.0804	0.0408	0.0276
10.896	6.9392	11.2547	0.0671	0.0338	0.027
11.2423	7.5963	12.8526	0.0624	0.0263	0.0198
11.6186	7.3578	12.7669	0.0641	0.0295	0.0166
12.0306	7.264	10.4636	0.0623	0.0163	0.0147
12.4858	6.3933	8.4681	0.0594	0.0167	0.0134
12.9944	5.9553	8.6862	0.0569	0.0149	0.0145
13.5705	4.5864	6.1876	0.0503	0.015	0.0122
14.2349	3.442	5.0005	0.0577	0.014	0.012
15.0197	3.2342	4.7106	0.0623	0.0169	0.0113
15.9782	2.5549	3.5854	0.0528	0.0158	0.0109
17.2101	2.0295	2.7374	0.0512	0.0158	0.0098
18.9362	1.4609	1.8736	0.0516	0.0129	0.01
21.8436	0.5293	0.5996	0.0542	0.0135	0.0084
<b>MEAN</b>	6.84913	10.4288	0.0658	0.0319	0.02875
<b>%</b>	13598.3	20757.6	31.6	56.7398	73.913



- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 1 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



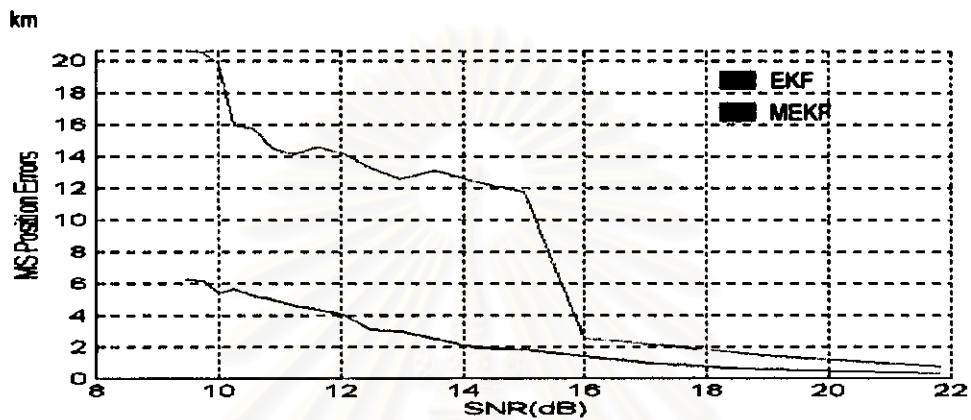
รูปที่ 3.53 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X



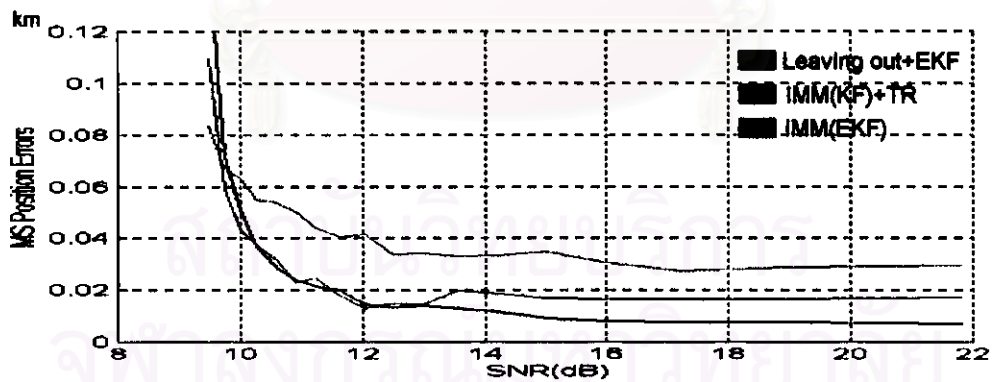
รูปที่ 3.54 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

ตารางที่ 3.26 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที 6 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	2.2447	7.7527	0.0283	0.0144	0.0117
9.7348	2.0926	7.2435	0.0232	0.0076	0.0044
9.9973	2.1512	7.5811	0.193	0.0039	0.0031
10.2767	2.1336	6.3232	0.0213	0.0022	0.0014
10.5754	2.2497	6.4191	0.0153	0.0019	0.0017
10.896	2.0782	5.8534	0.0148	0.0024	0.0019
11.2423	1.9433	5.7638	0.014	0.0015	0.0005
11.6186	1.8049	5.7068	0.0109	0.0022	0.0008
12.0306	1.3551	5.0005	0.0117	0.0023	0.0008
12.4858	1.3248	4.5578	0.0117	0.0024	0.0004
12.9944	1.1133	3.9376	0.0115	0.0019	0.0002
13.5705	0.9518	3.6583	0.0095	0.0029	0.0008
14.2349	0.6634	2.8917	0.0094	0.0028	0.0007
15.0197	0.5182	2.0835	0.0093	0.003	0.0008
15.9782	0.3599	1.539	0.0087	0.0036	0.0008
17.2101	0.3035	1.3002	0.0085	0.0031	0.0005
18.9362	0.218	0.8271	0.0081	0.0019	0.0001
21.8436	0.059	0.4618	0.0071	0.0022	0.0001
<b>MEAN</b>	1.30918	4.38339	0.02313	0.00346	0.00171
<b>%</b>	2518.36	8666.79	116.19	1346.95	2831.6



รูปที่ 3.55 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

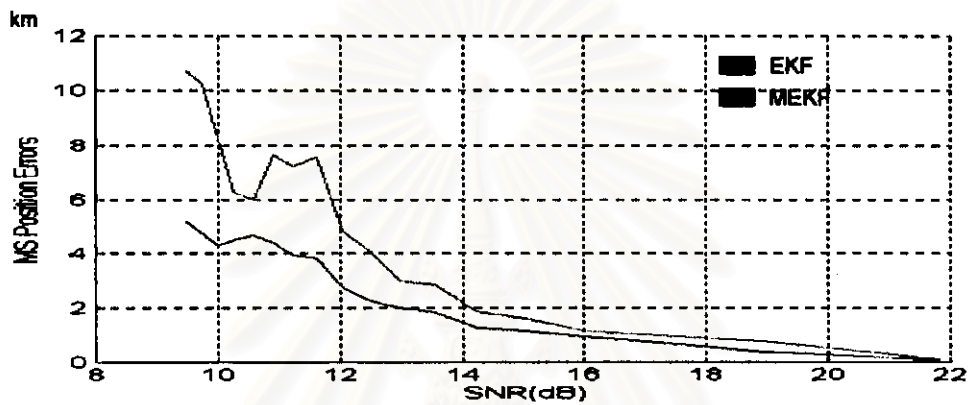


รูปที่ 3.56 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

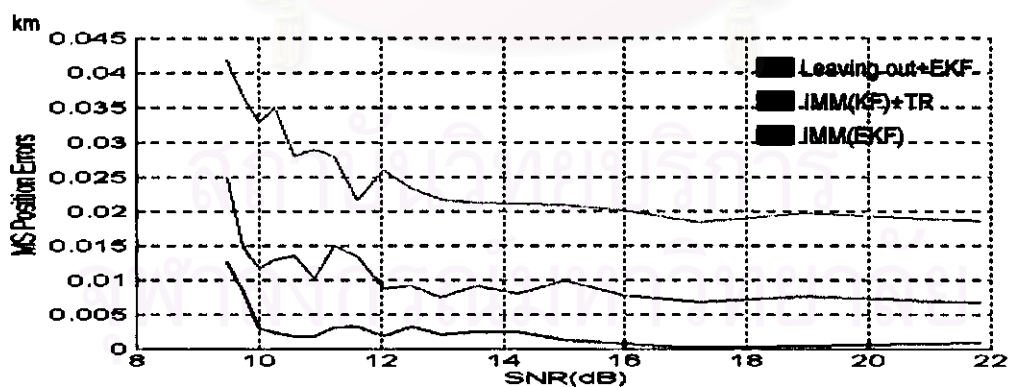
ตารางที่ 3.27 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 5 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	6.2181	20.6328	0.0833	0.1095	0.12
9.7348	6.1547	20.5788	0.0672	0.059	0.0718
9.9973	5.3619	19.8398	0.063	0.0432	0.0509
10.2767	5.6246	15.9068	0.0548	0.0373	0.037
10.5754	5.2008	15.7128	0.0539	0.032	0.0288
10.896	4.9576	14.4104	0.0503	0.023	0.0238
11.2423	4.6191	14.0895	0.0439	0.0247	0.0214
11.6186	4.3645	14.4991	0.0404	0.0179	0.02
12.0306	4.0548	14.1548	0.0415	0.0131	0.0144
12.4858	3.0598	13.2405	0.0337	0.0147	0.0134
12.9944	2.9387	12.5305	0.034	0.0144	0.0139
13.5705	2.4655	13.0732	0.0332	0.0198	0.0131
14.2349	1.9661	12.318	0.0333	0.0186	0.0118
15.0197	1.785	11.7553	0.0348	0.017	0.009
15.9782	1.3829	2.5535	0.0305	0.0167	0.008
17.2101	0.9287	2.1025	0.0273	0.0166	0.0076
18.9362	0.5695	1.4752	0.0289	0.0166	0.0076
21.8436	0.2783	0.7444	0.0294	0.0171	0.0072
<b>MEAN</b>	<b>3.44059</b>	<b>12.201</b>	<b>0.04352</b>	<b>0.0284</b>	<b>0.02665</b>
<b>%</b>	<b>6781.18</b>	<b>24302</b>	<b>14.8838</b>	<b>76.0563</b>	<b>87.6173</b>

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 1 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



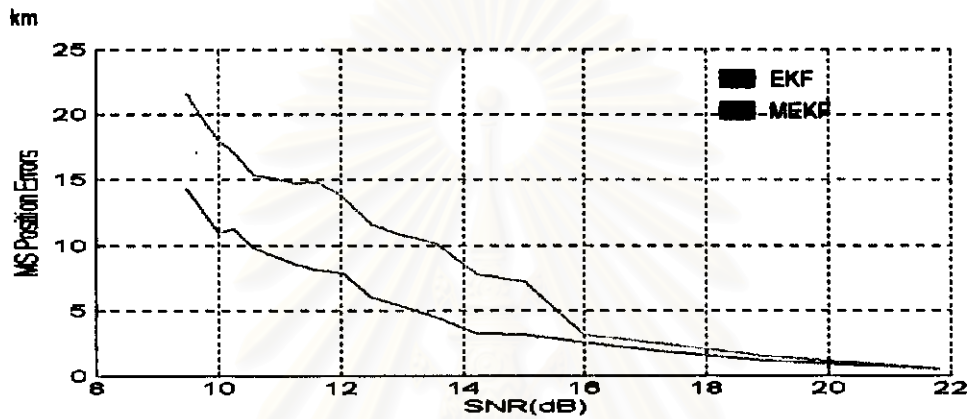
รูปที่ 3.57 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X



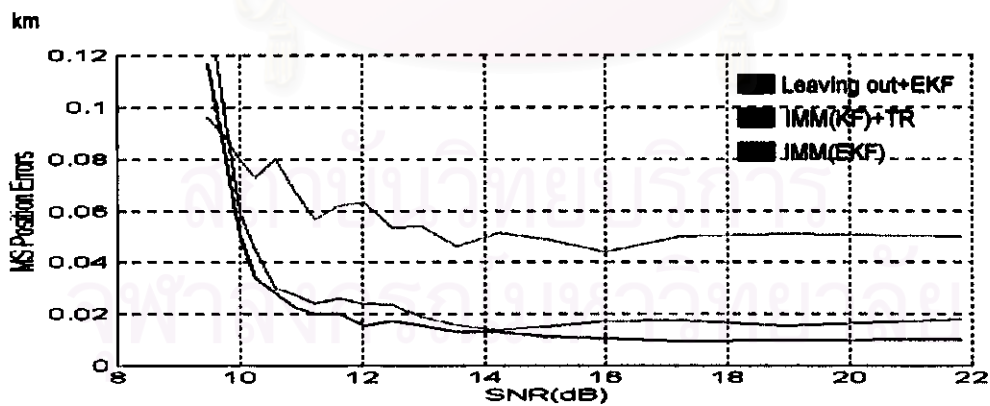
รูปที่ 3.58 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

ตารางที่ 3.28 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 6 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	5.1638	10.6836	0.0419	0.0248	0.0126
9.7348	4.742	10.2527	0.0367	0.0147	0.0084
9.9973	4.2875	8.2299	0.0329	0.0117	0.003
10.2767	4.5003	6.266	0.035	0.0131	0.0024
10.5754	4.6854	5.9858	0.0279	0.0135	0.0018
10.896	4.4076	7.6459	0.0289	0.0103	0.0018
11.2423	3.9532	7.2004	0.0279	0.015	0.0031
11.6186	3.8257	7.5767	0.0217	0.0135	0.0033
12.0306	2.7538	4.8118	0.0266	0.0089	0.0019
12.4858	2.2393	4.078	0.0233	0.0092	0.0033
12.9944	2.023	3.0008	0.0217	0.0075	0.0021
13.5705	1.8457	2.8476	0.0213	0.0092	0.0025
14.2349	1.25	1.88	0.0211	0.008	0.0026
15.0197	1.1453	1.6311	0.021	0.0101	0.0013
15.9782	0.9472	1.1759	0.0202	0.0078	0.0008
17.2101	0.7236	0.9708	0.0184	0.0068	0.0003
18.9362	0.3997	0.7739	0.0199	0.0076	0.0005
21.8436	0.077	0.0952	0.0185	0.0068	0.0009
MEAN	2.72056	4.72812	0.02583	0.01103	0.00292
%	5341.12	9356.23	93.59	353.401	1611.03



รูปที่ 3.59 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y



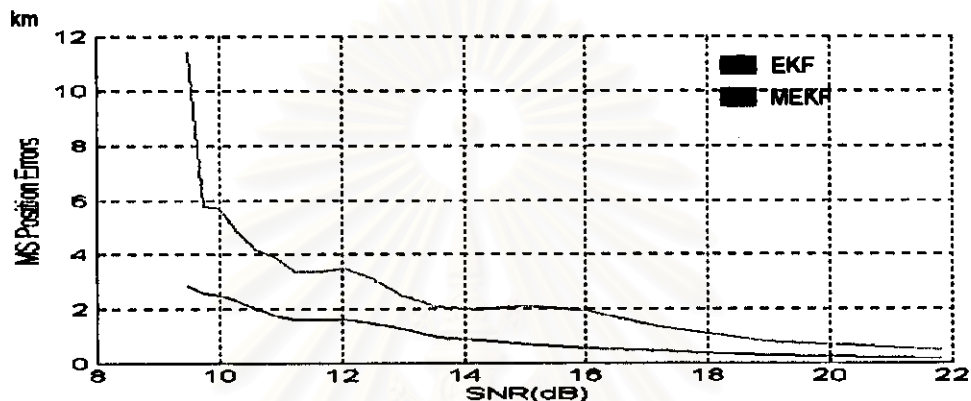
รูปที่ 3.60 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y



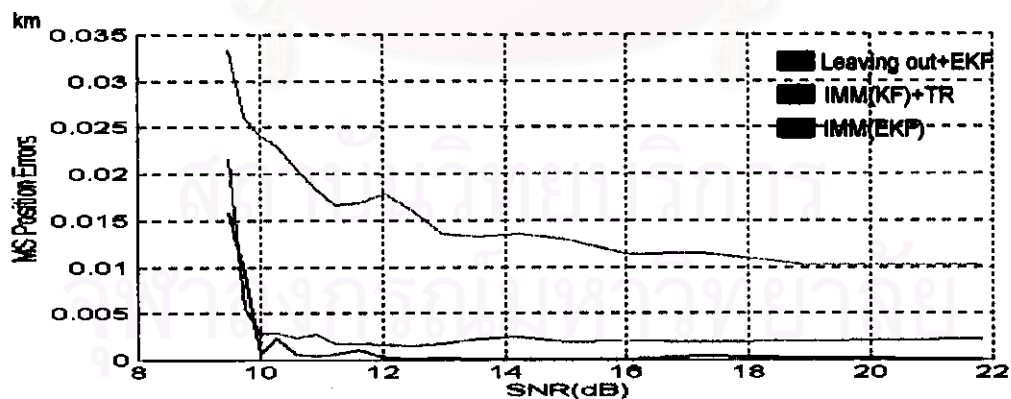
ตารางที่ 3.29 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่มี 6 กลุ่มปัญหาที่ 1 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	14.3185	21.6551	0.0961	0.1199	0.1163
9.7348	12.6435	19.696	0.089	0.0996	0.0844
9.9973	10.9148	18.034	0.08	0.0593	0.0508
10.2767	11.2245	17.1145	0.0727	0.0445	0.0339
10.5754	9.7404	15.3425	0.0801	0.0301	0.0282
10.896	9.1914	15.0856	0.0677	0.0273	0.0225
11.2423	8.5843	14.7372	0.0568	0.0238	0.0202
11.6186	8.0898	14.8174	0.0618	0.0259	0.0199
12.0306	7.8655	13.7119	0.0634	0.024	0.0156
12.4858	6.0357	11.5788	0.0534	0.0235	0.0171
12.9944	5.3822	10.7658	0.0538	0.0185	0.0156
13.5705	4.4383	10.1191	0.046	0.0154	0.013
14.2349	3.1929	7.7398	0.0515	0.0137	0.0131
15.0197	3.1629	7.1593	0.049	0.015	0.0113
15.9782	2.5808	3.1676	0.044	0.0174	0.0105
17.2101	1.8819	2.5161	0.0498	0.0177	0.0095
18.9362	1.2069	1.532	0.0509	0.0155	0.0097
21.8436	0.5076	0.5147	0.05	0.0178	0.0103
<b>MEAN</b>	6.72011	11.4049	0.062	0.03383	0.02788
<b>%</b>	13340.2	22709.7	24	47.8075	79.3186

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 2 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Uniform Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



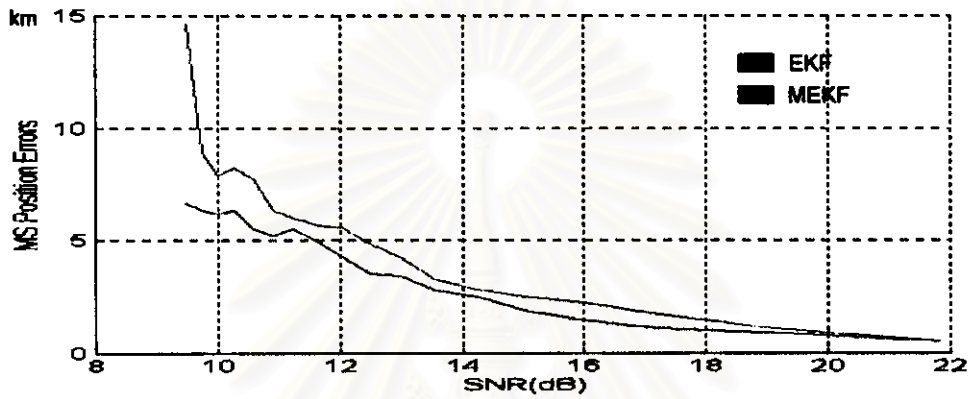
รูปที่ 3.61 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X



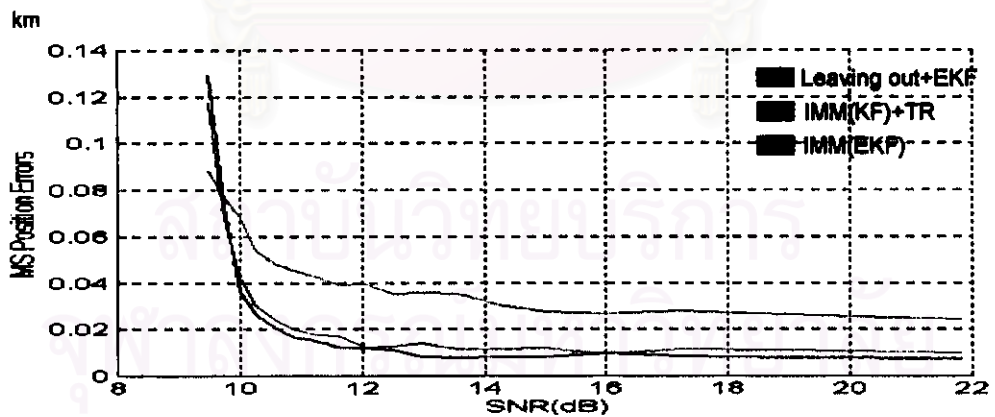
รูปที่ 3.62 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

ตารางที่ 3.30 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	2.8375	11.4153	0.0334	0.0217	0.0158
9.7348	2.5696	5.7818	0.0261	0.0055	0.0094
9.9973	2.4811	5.6986	0.0241	0.0029	0.0007
10.2767	2.3052	4.9403	0.0231	0.0028	0.0023
10.5754	2.0136	4.2048	0.0206	0.0024	0.0006
10.896	1.7503	3.9169	0.0184	0.0028	0.0004
11.2423	1.6115	3.3909	0.0166	0.0017	0.006
11.6186	1.6418	3.367	0.0168	0.0018	0.0011
12.0306	1.6024	3.4744	0.0179	0.0019	0.0002
12.4858	1.4767	3.1182	0.016	0.0016	0.0001
12.9944	1.2734	2.4909	0.0136	0.0018	0.0002
13.5705	0.9627	2.0831	0.0132	0.0023	0.0001
14.2349	0.8518	1.9688	0.0135	0.0025	0.0001
15.0197	0.7078	2.1246	0.0129	0.002	0.0001
15.9782	0.5632	1.9301	0.0114	0.0021	0.0001
17.2101	0.4652	1.3518	0.0115	0.0019	0.0004
18.9362	0.273	0.8627	0.0102	0.002	0.0002
21.8436	0.162	0.5064	0.0102	0.0022	0.0001
MEAN	1.41938	3.47926	0.01719	0.00344	0.00211
%	2738.76	6858.51	190.792	1353.96	2274.67



รูปที่ 3.63 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

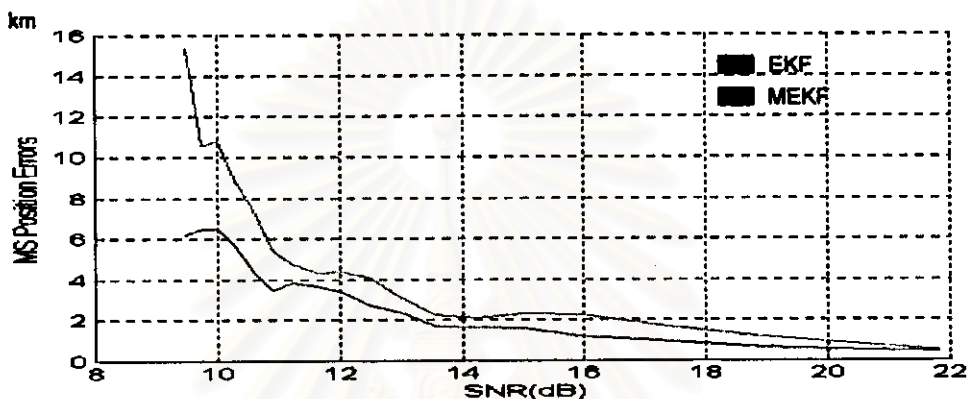


รูปที่ 3.64 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

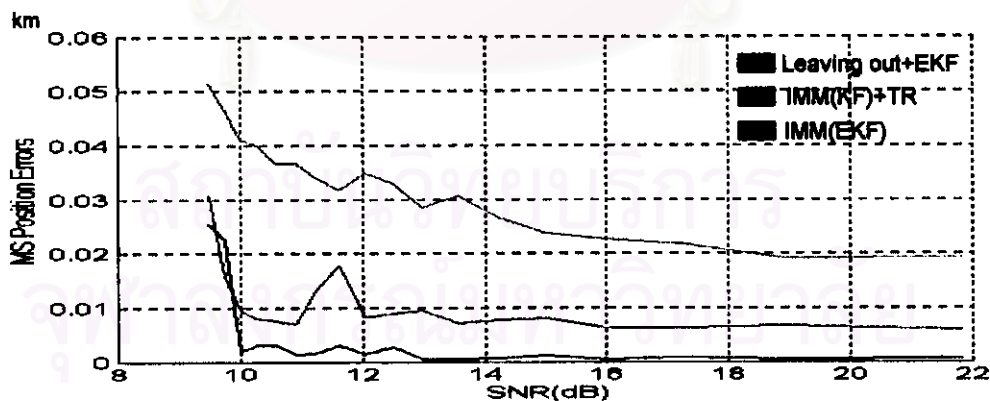
ตารางที่ 3.31 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	6.6221	14.6507	0.0884	0.1174	0.1292
9.7348	6.3311	8.9098	0.0772	0.0681	0.0731
9.9973	6.1454	7.861	0.068	0.0429	0.049
10.2767	6.3256	8.2186	0.0538	0.0301	0.0331
10.5754	5.515	7.7289	0.048	0.0239	0.0228
10.896	5.1744	6.3413	0.0451	0.0196	0.0207
11.2423	5.4956	5.9672	0.0425	0.0179	0.0199
11.6186	4.9856	5.6574	0.039	0.0172	0.0127
12.0306	4.2781	5.5608	0.0392	0.0125	0.0118
12.4858	3.5112	4.8261	0.0351	0.0127	0.0112
12.9944	3.4409	4.2726	0.0356	0.0139	0.008
13.5705	2.7548	3.2569	0.0352	0.0116	0.008
14.2349	2.5094	2.8356	0.0306	0.0116	0.0082
15.0197	1.8819	2.5037	0.0275	0.0118	0.0081
15.9782	1.4727	2.244	0.0265	0.0094	0.0099
17.2101	1.0974	1.7004	0.0279	0.0114	0.0087
18.9362	0.9037	1.1521	0.0261	0.0112	0.0077
21.8436	0.516	0.5333	0.0241	0.0097	0.0073
MEAN	3.83116	5.23447	0.04277	0.02516	0.02497
%	7562.32	10368.9	16.9135	98.7194	100.267

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 2 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Uniform Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



รูปที่ 3.65 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

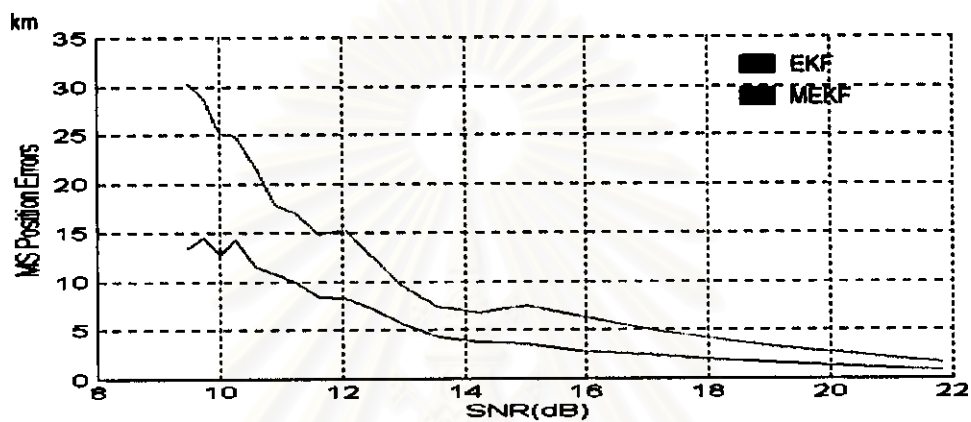


รูปที่ 3.66 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

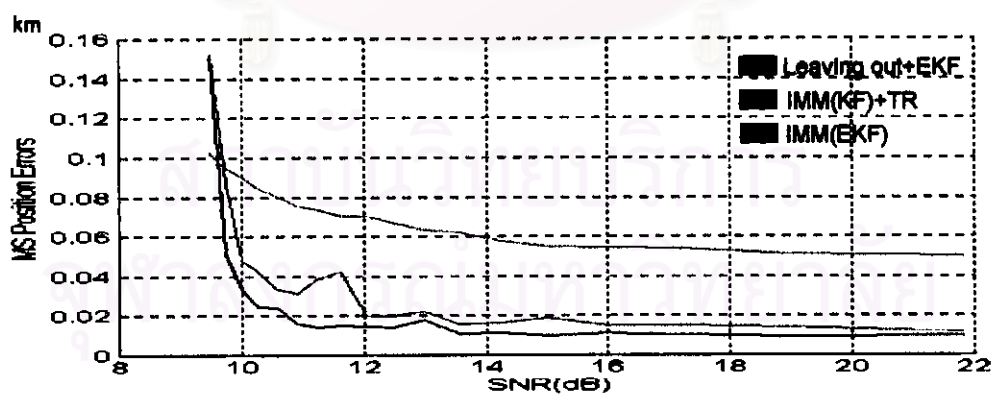
ตารางที่ 3.32 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	6.1752	15.346	0.0513	0.0307	0.0253
9.7348	6.4811	10.5674	0.0465	0.0159	0.0226
9.9973	6.4956	10.7747	0.041	0.0095	0.0019
10.2767	5.7751	9.0182	0.04	0.008	0.0031
10.5754	4.3898	7.4107	0.0366	0.0076	0.0032
10.896	3.4753	5.3982	0.0367	0.0071	0.0013
11.2423	3.8381	4.7521	0.0339	0.0132	0.0016
11.6186	3.6583	4.2969	0.0316	0.0179	0.0031
12.0306	3.3806	4.379	0.0349	0.0083	0.0014
12.4858	2.7241	4.0809	0.0329	0.0089	0.0029
12.9944	2.3731	3.1227	0.0286	0.0095	0.0005
13.5705	1.7015	2.2687	0.0306	0.0072	0.0006
14.2349	1.643	2.1131	0.0266	0.0077	0.0007
15.0197	1.5947	2.2859	0.0237	0.0081	0.0012
15.9782	1.1961	2.2622	0.0228	0.0064	0.0005
17.2101	0.9662	1.7527	0.0218	0.0064	0.0008
18.9362	0.6588	1.1949	0.0191	0.0067	0.0006
21.8436	0.4162	0.5247	0.0193	0.006	0.0007
MEAN	3.16349	5.08606	0.03211	0.01028	0.004
%	6226.98	10072.1	55.7363	386.224	1150





รูปที่ 3.67 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

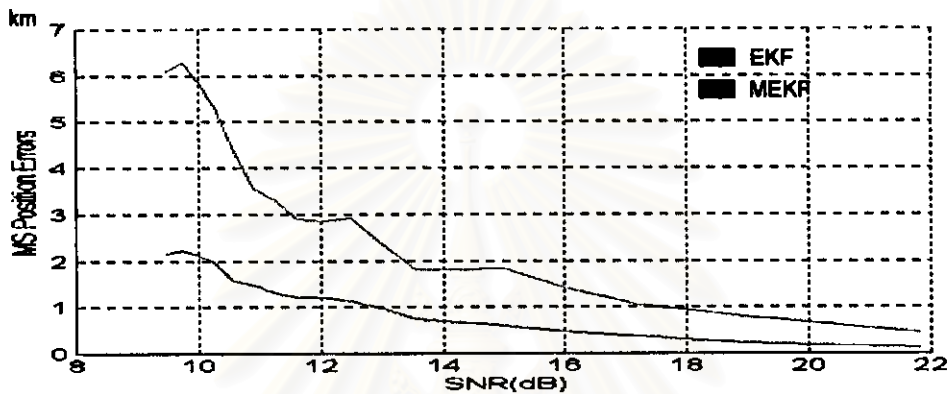


รูปที่ 3.68 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

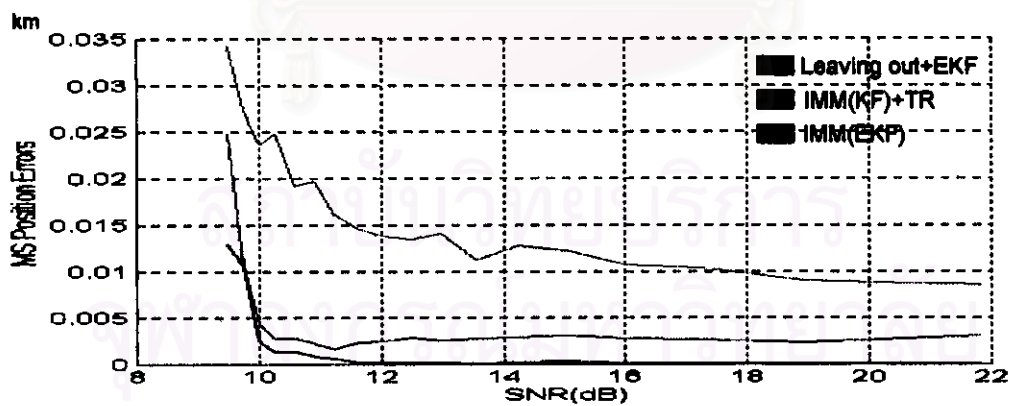
ตารางที่ 3.33 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่มี 2 กลุ่มปัญหาที่มี 2 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	13.4005	30.3117	0.1021	0.1522	0.1512
9.7348	14.4662	28.8911	0.0946	0.0866	0.051
9.9973	12.711	25.1849	0.0903	0.0478	0.0331
10.2767	14.2603	24.9576	0.0844	0.0427	0.0245
10.5754	11.5138	21.7655	0.0803	0.0332	0.0239
10.896	10.7508	17.8584	0.0757	0.0311	0.016
11.2423	9.9192	17.0391	0.0734	0.0384	0.0141
11.6186	8.3891	14.8057	0.0704	0.0424	0.0149
12.0306	8.3474	15.3298	0.0703	0.0196	0.0147
12.4858	7.1803	12.5543	0.0667	0.0196	0.0139
12.9944	5.6881	9.5629	0.0635	0.0219	0.0179
13.5705	4.3617	7.3528	0.0621	0.0152	0.0108
14.2349	3.8374	6.7908	0.0575	0.0162	0.0111
15.0197	3.6068	7.4606	0.0548	0.0187	0.0098
15.9782	2.8173	6.2168	0.0545	0.0149	0.0112
17.2101	2.3365	4.853	0.0539	0.0149	0.0105
18.9362	1.6411	3.4164	0.0512	0.014	0.0095
21.8436	0.8428	1.6454	0.0502	0.0117	0.0097
MEAN	7.55946	14.222	0.06977	0.03562	0.02488
%	15018.9	28344.1	39.5444	40.3837	100.983

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 2 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Uniform Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



รูปที่ 3.69 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

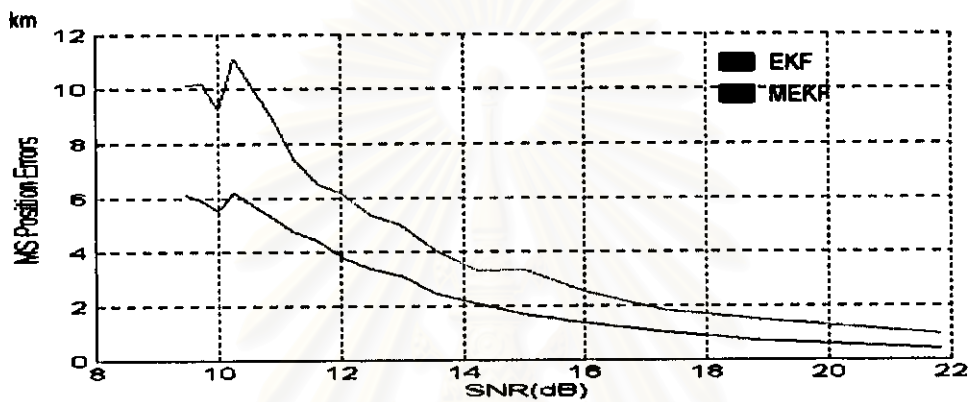


รูปที่ 3.70 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

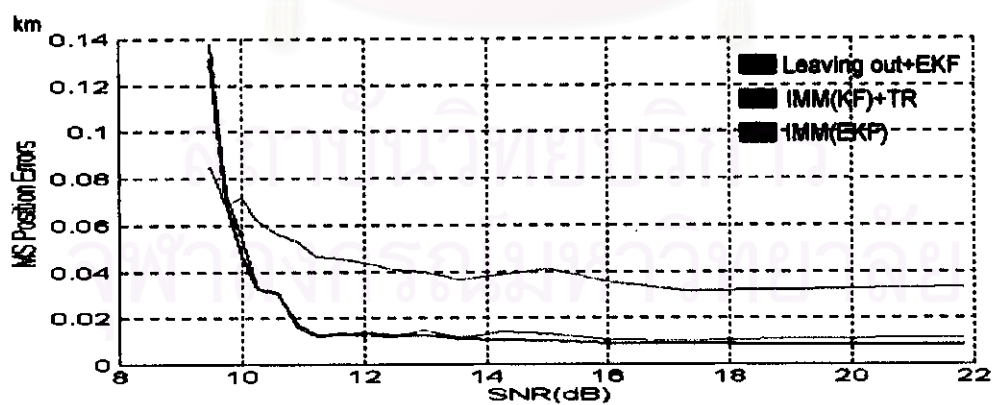
ตารางที่ 3.34 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	2.1488	6.1069	0.0342	0.0249	0.0129
9.7348	2.2212	6.2848	0.0274	0.0106	0.0106
9.9973	2.1128	5.8476	0.0236	0.0043	0.0025
10.2767	1.9706	5.3306	0.0248	0.0028	0.0014
10.5754	1.5509	4.3571	0.0192	0.0028	0.0014
10.896	1.4779	3.5511	0.0197	0.0023	0.0009
11.2423	1.3216	3.3293	0.0161	0.0017	0.0006
11.6186	1.2056	2.8857	0.0146	0.0023	0.0002
12.0306	1.2119	2.8499	0.0138	0.0025	0.0002
12.4858	1.1352	2.9109	0.0135	0.00029	0.0002
12.9944	0.9868	2.3817	0.0141	0.0026	0.0002
13.5705	0.739	1.8096	0.0112	0.0028	0.0001
14.2349	0.6801	1.8069	0.0127	0.0029	0.0002
15.0197	0.6034	1.8352	0.0123	0.0031	0.0003
15.9782	0.4653	1.4208	0.0106	0.0028	0.0001
17.2101	0.364	1.0462	0.0103	0.0026	0.0001
18.9362	0.2317	0.8003	0.009	0.0023	0.0001
21.8436	0.1265	0.04505	0.0085	0.003	0.0001
<b>MEAN</b>	1.14185	3.03331	0.01642	0.00426	0.00178
<b>%</b>	2183.7	5966.63	204.465	1075.09	2703.74





รูปที่ 3.71 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

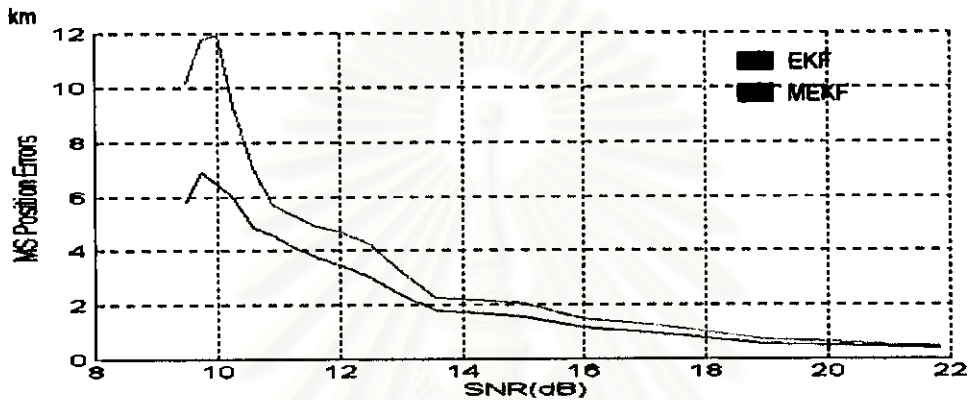


รูปที่ 3.72 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

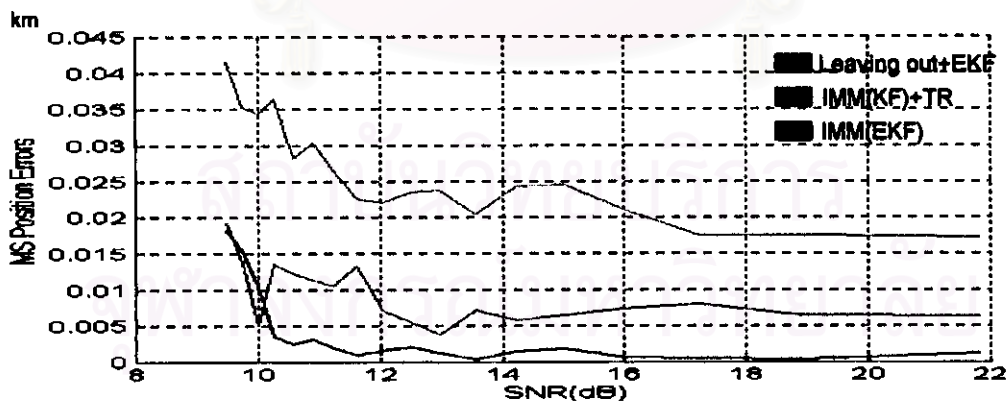
ตารางที่ 3.35 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่มี 3 กลุ่มข้อมูลที่ 2 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	6.0837	10.1263	0.085	0.1378	0.1309
9.7348	5.8635	10.184	0.0687	0.0733	0.0707
9.9973	5.5167	9.2053	0.0719	0.0547	0.0468
10.2767	6.1884	11.1211	0.0616	0.0323	0.0322
10.5754	5.6922	9.9606	0.0563	0.031	0.0308
10.896	5.2537	8.8585	0.0528	0.016	0.0173
11.2423	4.7429	7.4136	0.0464	0.0118	0.0129
11.6186	4.4389	6.5031	0.0454	0.0134	0.0132
12.0306	3.8104	6.1364	0.0434	0.0122	0.0135
12.4858	3.3666	5.3502	0.0407	0.0118	0.0126
12.9944	3.1324	4.9848	0.0399	0.0146	0.0127
13.5705	2.4742	4.0313	0.0366	0.0115	0.0109
14.2349	2.0605	3.2994	0.0388	0.014	0.0108
15.0197	1.6821	3.354	0.041	0.0133	0.0103
15.9782	1.3803	2.5392	0.0358	0.0106	0.0092
17.2101	1.528	1.8786	0.0315	0.0102	0.009
18.9362	0.7126	1.4872	0.0321	0.0112	0.0087
21.8436	0.418	0.9599	0.0335	0.0117	0.0086
MEAN	3.57473	5.96631	0.04786	0.0273	0.02562
%	7049.46	11832.6	4.48108	83.1502	95.1854

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 2 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Uniform Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



รูปที่ 3.73 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

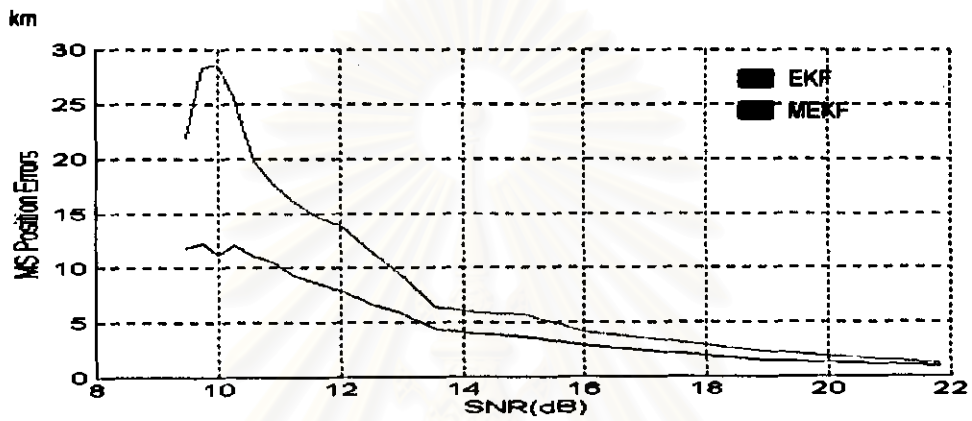


รูปที่ 3.74 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

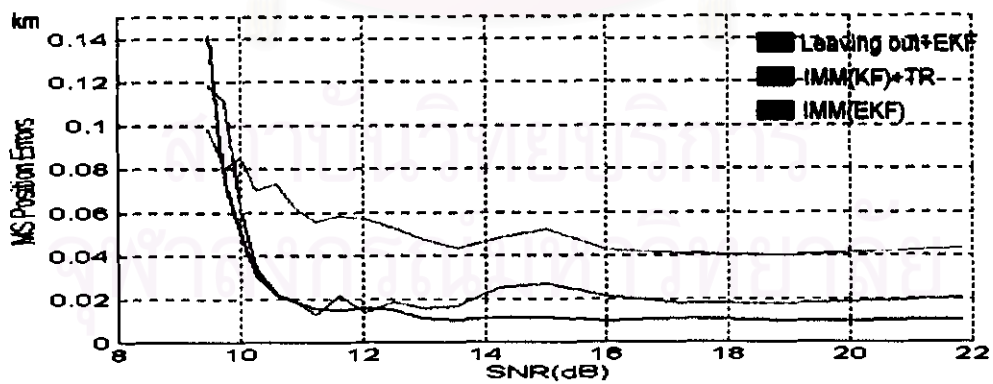


ตารางที่ 3.36 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 4 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	5.8198	10.1689	0.0414	0.0193	0.0183
9.7348	6.9	11.7708	0.0353	0.0138	0.0154
9.9973	6.4318	11.9205	0.0343	0.005	0.0106
10.2767	5.9775	9.333	0.0365	0.0136	0.0036
10.5754	4.8653	7.0256	0.0283	0.0123	0.0025
10.896	4.5874	5.688	0.0303	0.0114	0.0031
11.2423	4.158	5.298	0.0265	0.0106	0.002
11.6186	3.7767	4.874	0.0226	0.0133	0.0009
12.0306	3.4321	4.6657	0.022	0.0072	0.0016
12.4858	3.0256	4.2206	0.0235	0.0055	0.0021
12.9944	2.4079	3.2784	0.0238	0.0039	0.0012
13.5705	1.7799	2.2653	0.0205	0.0071	0.0004
14.2349	1.7067	2.1827	0.0243	0.0059	0.0014
15.0197	1.5475	2.0347	0.0245	0.0064	0.0018
15.9782	1.1687	1.4651	0.0211	0.0073	0.0007
17.2101	0.9533	1.243	0.0176	0.008	0.0005
18.9362	0.5678	0.7421	0.0176	0.0065	0.0005
21.8436	0.3824	0.4737	0.0173	0.0063	0.0012
MEAN	3.30491	4.92501	0.02597	0.00908	0.00377
%	6509.82	9750.01	92.5546	450.796	1227.43



รูปที่ 3.75 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

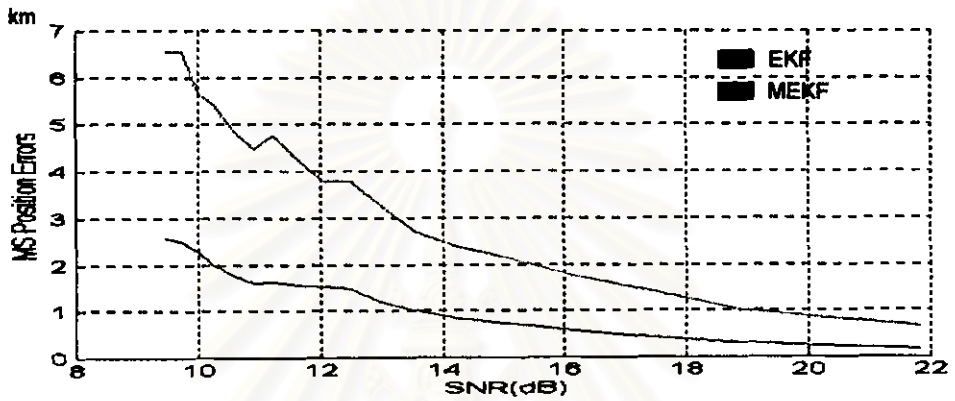


รูปที่ 3.76 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

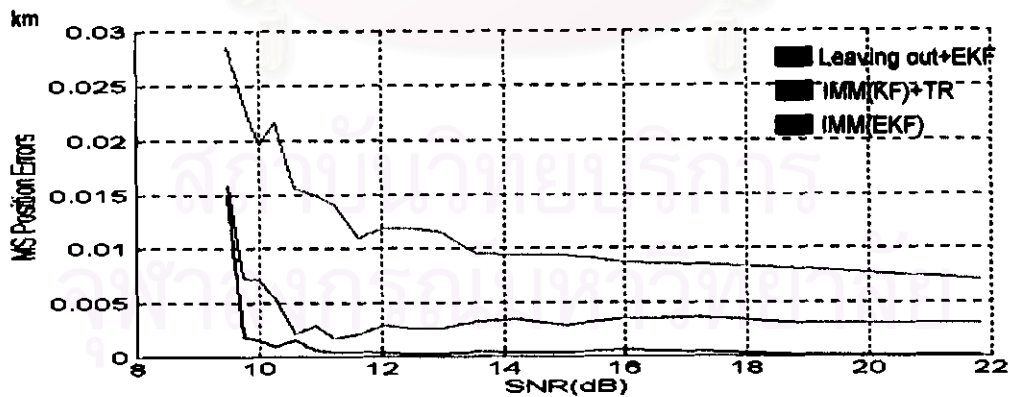
ตารางที่ 3.37 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณี 4 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	11.772	21.8858	0.0981	0.1184	0.1413
9.7348	12.2477	28.292	0.0795	0.1112	0.0745
9.9973	11.1563	28.615	0.0854	0.0614	0.0506
10.2767	12.0862	25.6418	0.0698	0.0344	0.0314
10.5754	11.055	19.8319	0.0728	0.0226	0.0215
10.896	10.5061	17.5516	0.0614	0.0183	0.0186
11.2423	9.3355	16.0631	0.0553	0.0127	0.0154
11.6186	8.6153	14.723	0.0579	0.0215	0.015
12.0306	7.8177	13.7616	0.0569	0.0136	0.0157
12.4858	6.6962	11.4964	0.0527	0.0183	0.015
12.9944	5.9226	9.3753	0.0476	0.0158	0.0112
13.5705	4.4306	6.463	0.0432	0.0169	0.01
14.2349	3.9532	5.8732	0.0481	0.0251	0.0113
15.0197	3.7329	5.7328	0.0519	0.0268	0.0116
15.9782	2.904	4.1556	0.0428	0.0212	0.0099
17.2101	2.3248	3.3934	0.0407	0.0181	0.0108
18.9362	1.5337	2.2844	0.04	0.0177	0.0097
21.8436	0.9627	1.2235	0.0431	0.0203	0.0103
<b>MEAN</b>	<b>7.05847</b>	<b>13.1313</b>	<b>0.05818</b>	<b>0.03302</b>	<b>0.02688</b>
<b>%</b>	<b>14016.9</b>	<b>26162.6</b>	<b>16.3556</b>	<b>51.4387</b>	<b>86.0273</b>

- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 2 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Uniform Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



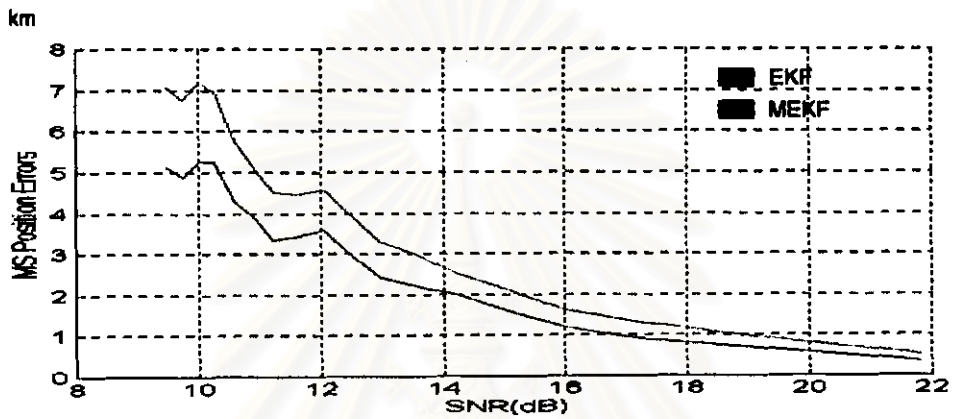
รูปที่ 3.77 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X



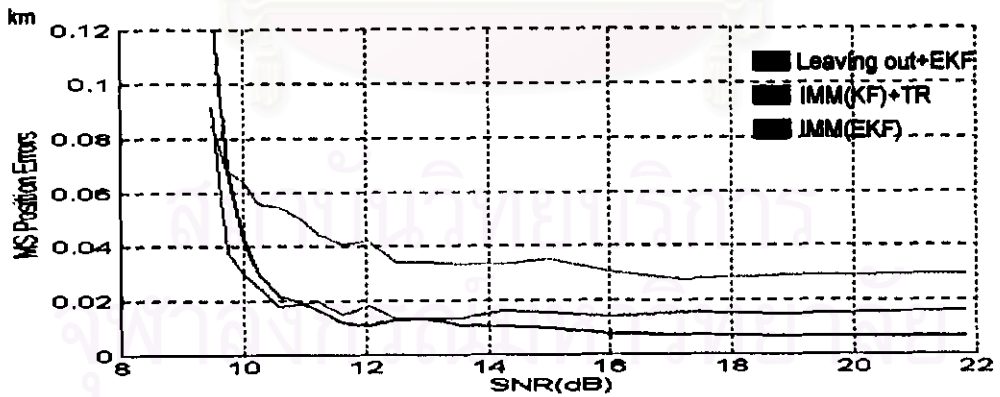
รูปที่ 3.78 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

ตารางที่ 3.38 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่มี 5 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

SNR(dB)	BEF(km)	MEEF(km)	LEEF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	2.5752	6.5528	0.0286	0.0158	0.0149
9.7348	2.4842	6.5498	0.0235	0.0073	0.0019
9.9973	2.286	5.6723	0.0195	0.0072	0.0015
10.2767	1.9987	5.4189	0.0216	0.0055	0.0009
10.5754	1.7618	4.8719	0.0156	0.0021	0.0016
10.896	1.609	4.4696	0.0149	0.0029	0.0006
11.2423	1.6266	4.7636	0.0141	0.0018	0.0005
11.6186	1.5616	4.2716	0.011	0.0021	0.0004
12.0306	1.5202	3.7735	0.0118	0.0029	0.0003
12.4858	1.4699	3.7759	0.0118	0.0027	0.0002
12.9944	1.1857	3.2881	0.0116	0.0026	0.0003
13.5705	1.0064	2.6925	0.0095	0.0032	0.0005
14.2349	0.8361	2.3914	0.0094	0.0034	0.0004
15.0197	0.739	2.1633	0.0094	0.0029	0.0004
15.9782	0.5969	1.8089	0.0087	0.0035	0.0006
17.2101	0.4597	1.4743	0.0086	0.0036	0.0005
18.9362	0.3069	1.0059	0.0081	0.0031	0.0001
21.8436	0.156	0.6483	0.0071	0.003	0.0001
MEAN	1.34333	3.64403	0.0136	0.0042	0.00143
%	2586.66	7188.07	267.647	1090.48	3401.95



รูปที่ 3.79 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y



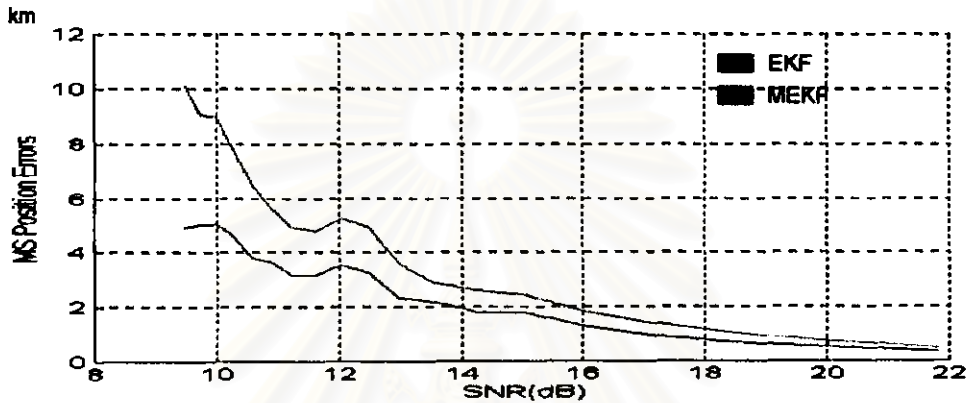
รูปที่ 3.80 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

ตารางที่ 3.39 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

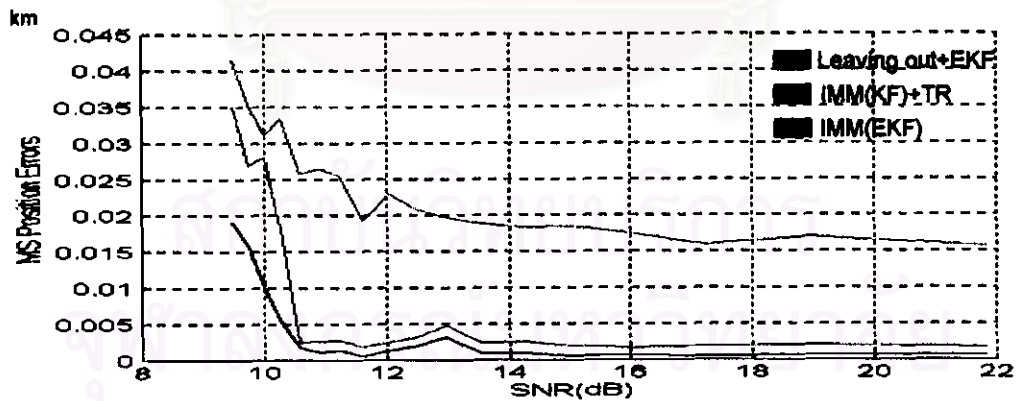
SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	5.1112	7.0519	0.0848	0.0916	0.1201
9.7348	4.8705	6.7559	0.0684	0.0381	0.0694
9.9973	5.249	7.1875	0.0639	0.0303	0.043
10.2767	5.2658	6.9754	0.0555	0.0248	0.0295
10.5754	4.2971	5.7875	0.0545	0.018	0.0219
10.896	3.9167	5.0819	0.0508	0.0188	0.0198
11.2423	3.3305	4.5102	0.0444	0.0195	0.0166
11.6186	3.4165	4.4191	0.0407	0.0147	0.0119
12.0306	3.5831	4.5824	0.0418	0.0184	0.011
12.4858	2.9852	3.9319	0.0341	0.0133	0.013
12.9944	2.4246	3.2785	0.0342	0.0135	0.0133
13.5705	2.2114	2.9785	0.0335	0.0133	0.011
14.2349	1.9858	2.5021	0.0336	0.0162	0.0105
15.0197	1.6108	2.1389	0.035	0.0155	0.0099
15.9782	1.2007	1.6269	0.0307	0.0142	0.0079
17.2101	0.9141	1.3048	0.0275	0.0156	0.0075
18.9362	0.6971	0.9796	0.0291	0.0147	0.0068
21.8436	0.3465	0.527	0.0296	0.0162	0.0066
MEAN	2.96759	3.97889	0.04401	0.02259	0.02387
%	5835.18	7857.78	13.622	121.293	109.448



- ผลการทดสอบรูปภาพและตารางของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 2 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB ( มี Uniform Noise ตั้งแต่ 5%-90% ของการวัด 40 ครั้ง )



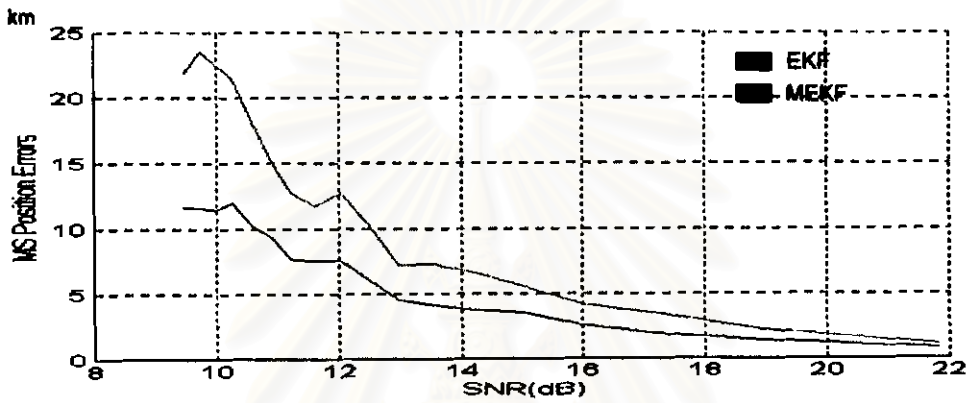
รูปที่ 3.81 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X



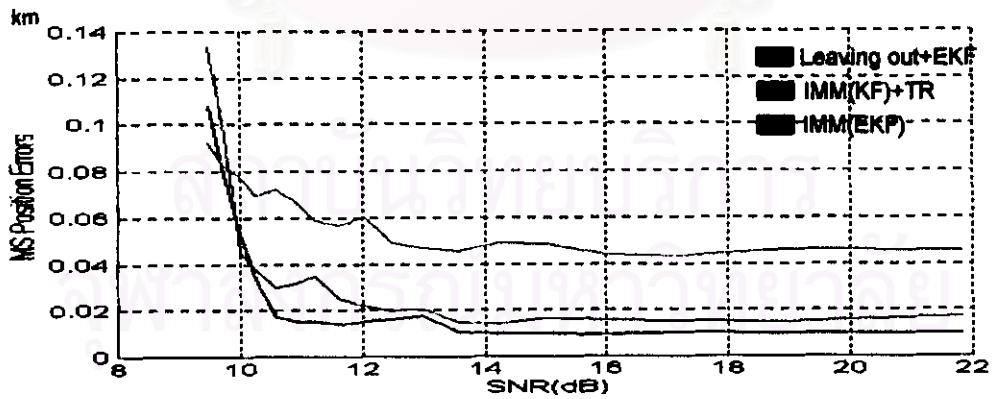
รูปที่ 3.82 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

ตารางที่ 3.40 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที 6 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน X

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	4.9147	10.1164	0.0414	0.035	0.019
9.7348	5.0403	9.0577	0.0354	0.0269	0.0159
9.9973	5.0161	8.9578	0.031	0.028	0.0102
10.2767	4.6616	7.8017	0.0334	0.0183	0.0057
10.5754	3.7938	6.4694	0.0257	0.0025	0.0017
10.896	3.6081	5.5934	0.0264	0.0026	0.0011
11.2423	3.1652	4.9151	0.0254	0.0028	0.0013
11.6186	3.1689	4.7865	0.0193	0.0019	0.0006
12.0306	3.567	5.2445	0.023	0.0025	0.0014
12.4858	3.2383	4.9277	0.0208	0.0031	0.002
12.9944	2.3138	3.5955	0.0196	0.0047	0.0032
13.5705	2.1757	2.9009	0.0189	0.0024	0.001
14.2349	1.7919	2.6087	0.0183	0.0025	0.001
15.0197	1.7796	2.447	0.0185	0.002	0.0006
15.9782	1.309	1.8464	0.0175	0.0018	0.0006
17.2101	0.9038	1.3592	0.0159	0.002	0.0006
18.9362	0.6168	0.9215	0.017	0.0021	0.0006
21.8436	0.346	0.4945	0.0157	0.0017	0.0006
<b>MEAN</b>	2.85614	4.66911	0.02351	0.00793	0.00373
<b>%</b>	5612.29	9238.21	112.665	530.252	1241.28



รูปที่ 3.83 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF ในรูป MSE กรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

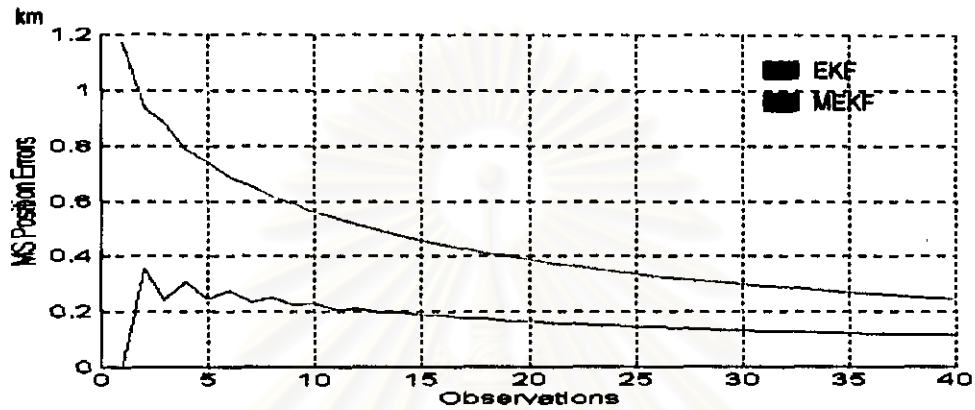


รูปที่ 3.84 ค่าความคลาดเคลื่อนของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูป MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

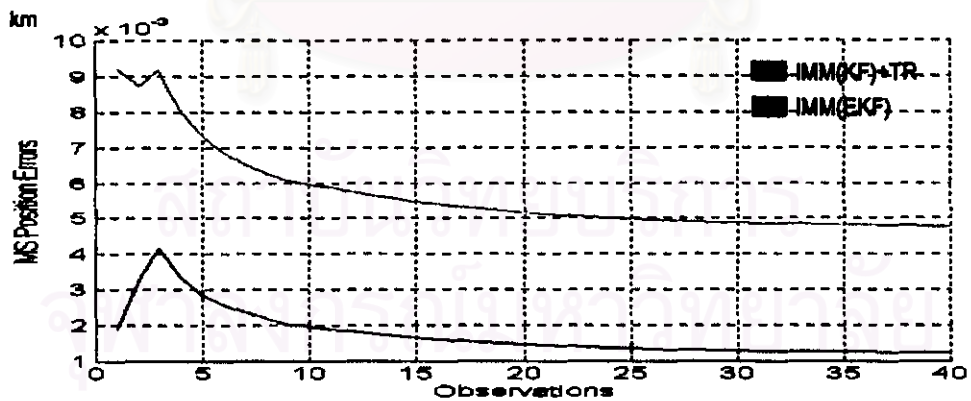
ตารางที่ 3.41 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที 6 กลุ่มปัญหาที่ 2 บนแกน Y

SNR(dB)	EKF(km)	MEKF(km)	LEKF(km)	ImmTR(km)	IMM(km)
9.4873	11.6281	21.8992	0.092	0.1336	0.1079
9.7348	11.6081	23.554	0.082	0.0956	0.0782
9.9973	11.4591	22.5257	0.0775	0.0452	0.0531
10.2767	12.0214	21.4851	0.0692	0.0372	0.0338
10.5754	10.2753	18.1671	0.0723	0.0301	0.0173
10.896	9.281	15.0938	0.0669	0.0315	0.0154
11.2423	7.6612	12.7617	0.0585	0.0348	0.0153
11.6186	7.5736	11.7212	0.0565	0.0249	0.0139
12.0306	7.5701	12.7469	0.0605	0.0218	0.0154
12.4858	6.1105	10.2646	0.049	0.0197	0.0159
12.9944	4.5656	7.1588	0.0468	0.0204	0.0176
13.5705	4.097	7.2372	0.0455	0.0149	0.0105
14.2349	3.7223	6.633	0.0488	0.0138	0.01
15.0197	3.487	5.5929	0.0485	0.0164	0.0098
15.9782	2.5892	4.1931	0.0439	0.0154	0.0096
17.2101	1.911	3.4534	0.043	0.0153	0.0103
18.9362	1.4177	2.2054	0.0461	0.0148	0.01
21.8436	0.8063	1.0891	0.0454	0.0173	0.0098
<b>MEAN</b>	<b>6.54358</b>	<b>11.5435</b>	<b>0.05847</b>	<b>0.03348</b>	<b>0.02521</b>
<b>%</b>	<b>12987.2</b>	<b>22986.9</b>	<b>16.9333</b>	<b>49.328</b>	<b>98.3253</b>

- ผลการทดสอบในรูปแบบกราฟและตารางของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 3  
(ค่ากำลังของ Gaussian Noise แตกต่างกัน จากการวัด 40 ครั้ง)



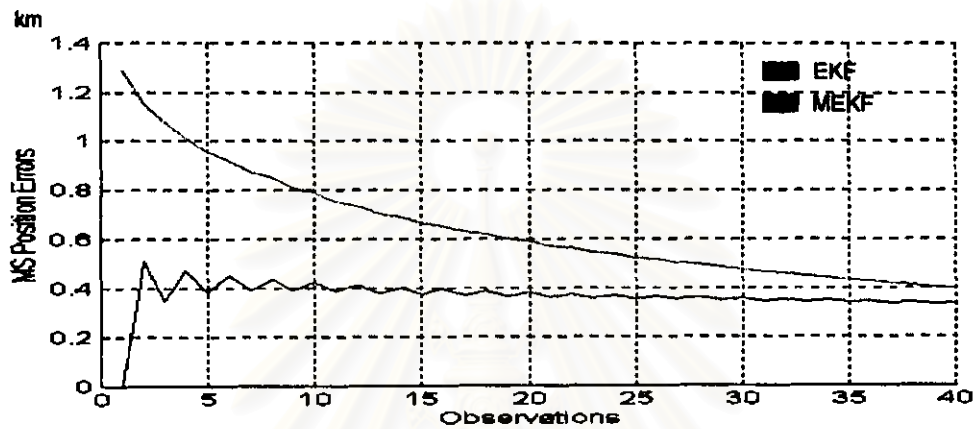
รูปที่ 3.85 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูปแบบ MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X



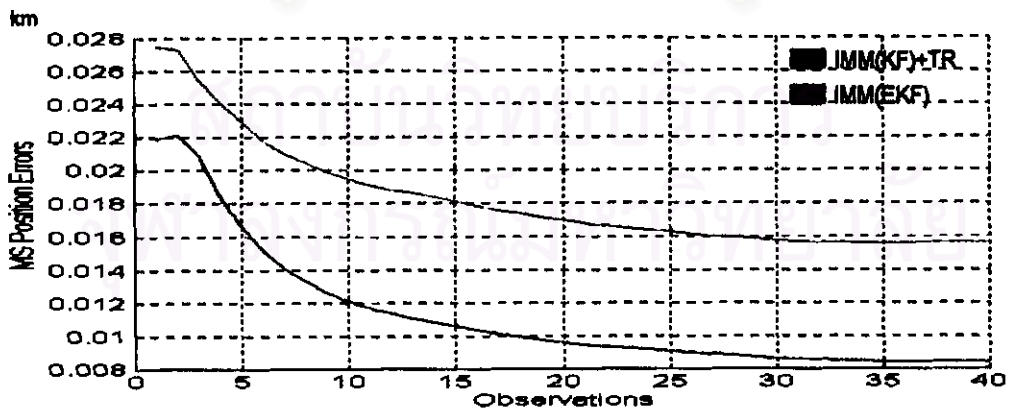
รูปที่ 3.86 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูปแบบ MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

ตารางที่ 3.42 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.0100	1.1709	0.0092	0.0019	21	0.1582	0.3766	0.0051	0.0014
2	0.3669	0.9359	0.0097	0.0033	22	0.1574	0.3649	0.0051	0.0014
3	0.2412	0.9819	0.0092	0.0042	23	0.1509	0.3657	0.0050	0.0014
4	0.3046	0.7836	0.0080	0.0033	24	0.1503	0.3466	0.0050	0.0014
5	0.2466	0.7413	0.0073	0.0029	25	0.1447	0.3374	0.0050	0.0014
6	0.2744	0.6881	0.0069	0.0026	26	0.1443	0.3287	0.0050	0.0013
7	0.2366	0.6566	0.0065	0.0024	27	0.1393	0.3217	0.0049	0.0013
8	0.2508	0.6160	0.0063	0.0022	28	0.1387	0.3136	0.0049	0.0013
9	0.2240	0.5925	0.0061	0.0020	29	0.1343	0.3070	0.0049	0.0013
10	0.2291	0.5598	0.0060	0.0020	30	0.1337	0.2998	0.0049	0.0013
11	0.2092	0.5381	0.0059	0.0019	31	0.1297	0.2938	0.0049	0.0013
12	0.2122	0.5125	0.0058	0.0019	32	0.1291	0.2872	0.0049	0.0013
13	0.1987	0.4940	0.0057	0.0018	33	0.1255	0.2817	0.0048	0.0013
14	0.1976	0.4726	0.0056	0.0017	34	0.1248	0.2756	0.0048	0.0013
15	0.1850	0.4572	0.0055	0.0017	35	0.1215	0.2704	0.0048	0.0013
16	0.1853	0.4395	0.0054	0.0018	36	0.1211	0.2649	0.0048	0.0013
17	0.1749	0.4263	0.0053	0.0016	37	0.1181	0.2601	0.0048	0.0012
18	0.1750	0.4115	0.0053	0.0015	38	0.1178	0.2551	0.0048	0.0012
19	0.1663	0.4003	0.0052	0.0015	39	0.1160	0.2506	0.0048	0.0012
20	0.1656	0.3870	0.0052	0.0015	40	0.1148	0.2461	0.0048	0.0012
					<b>MEAN</b>	0.17276	0.46497	0.00568	0.00174
					<b>%</b>	245.5	809.945	780.689	2777.7



รูปที่ 3.87 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูป MSE ของกรณีนี้ 1 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y



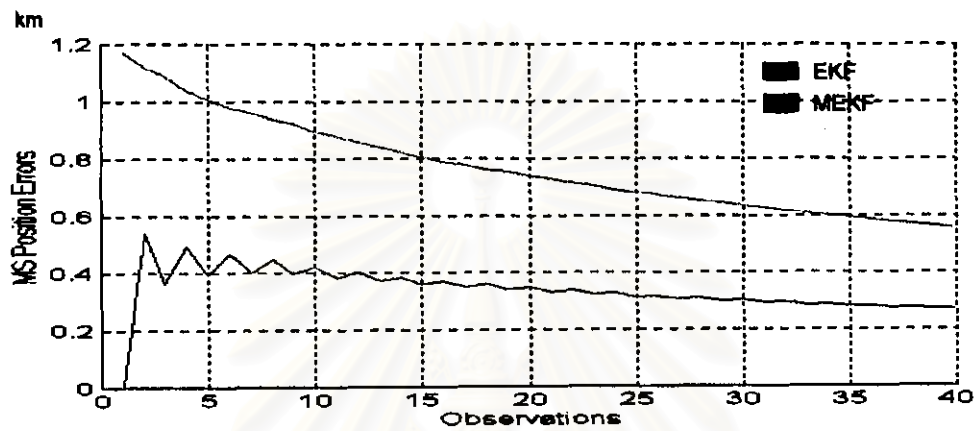
รูปที่ 3.88 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูป MSE ของกรณีนี้ 1 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y



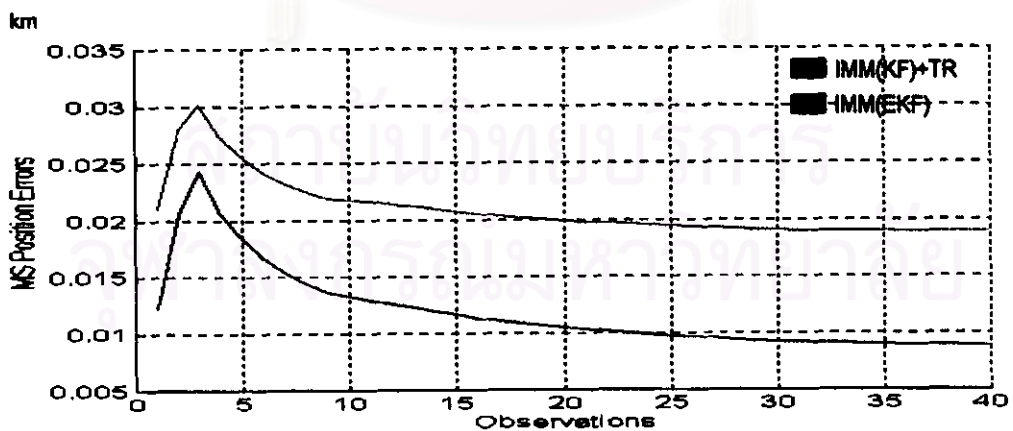
ตารางที่ 3.43 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 1 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.0100	1.2904	0.0275	0.0219	21	0.3627	0.5725	0.0168	0.0095
2	0.5147	1.1514	0.0273	0.0221	22	0.3746	0.5632	0.0166	0.0093
3	0.3465	1.0798	0.0255	0.0209	23	0.3588	0.5471	0.0165	0.0093
4	0.4739	1.0156	0.0241	0.0185	24	0.3689	0.5380	0.0164	0.0092
5	0.3811	0.9557	0.0229	0.0168	25	0.3548	0.5233	0.0163	0.0091
6	0.4519	0.9204	0.0218	0.0151	28	0.3642	0.5154	0.0161	0.0090
7	0.3888	0.8730	0.0209	0.0141	27	0.3511	0.5024	0.0160	0.0089
8	0.4359	0.8482	0.0205	0.0133	28	0.3599	0.4949	0.0159	0.0088
9	0.3888	0.8094	0.0199	0.0126	29	0.3479	0.4828	0.0158	0.0087
10	0.4218	0.7881	0.0195	0.0121	30	0.3559	0.4758	0.0158	0.0087
11	0.3943	0.7524	0.0191	0.0117	31	0.3448	0.4649	0.0157	0.0086
12	0.4096	0.7346	0.0188	0.0113	32	0.3521	0.4582	0.0156	0.0085
13	0.3789	0.7037	0.0186	0.0111	33	0.3417	0.4481	0.0156	0.0085
14	0.4002	0.6891	0.0184	0.0108	34	0.3486	0.4419	0.0156	0.0085
15	0.3742	0.6635	0.0181	0.0106	35	0.3390	0.4326	0.0156	0.0084
16	0.3923	0.6511	0.0178	0.0103	36	0.3452	0.4266	0.0156	0.0084
17	0.3698	0.6290	0.0176	0.0101	37	0.3361	0.4180	0.0156	0.0084
18	0.3860	0.6185	0.0174	0.0100	38	0.3417	0.4123	0.0156	0.0084
19	0.3882	0.5995	0.0172	0.0098	39	0.3332	0.4042	0.0156	0.0084
20	0.3804	0.5900	0.0169	0.0096	40	0.3385	0.3988	0.0156	0.0084
					MEAN	0.25679	0.81671	0.01783	0.01114
					%	413.56	1533.41	180.428	349.035

- ผลการทดสอบในรูปแบบกราฟและตารางของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 3  
(ค่ากำลังของ Gaussian Noise แตกต่างกัน จากการวัด 40 ครั้ง)



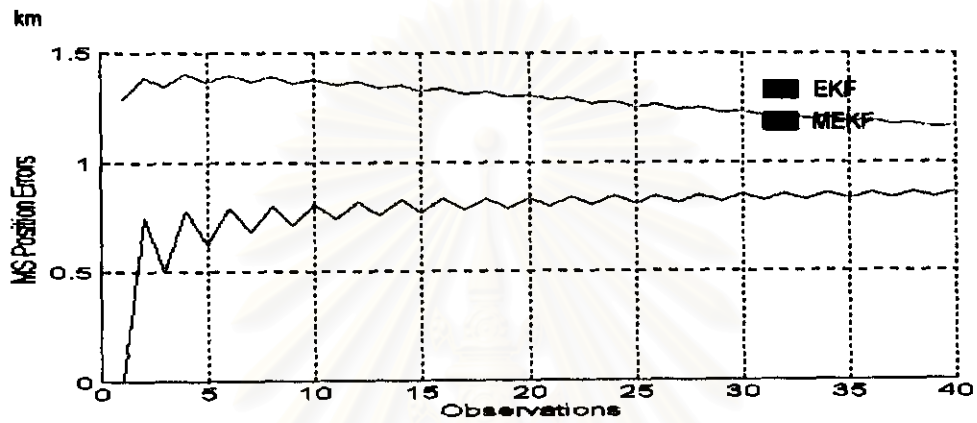
รูปที่ 3.89 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูปแบบ MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X



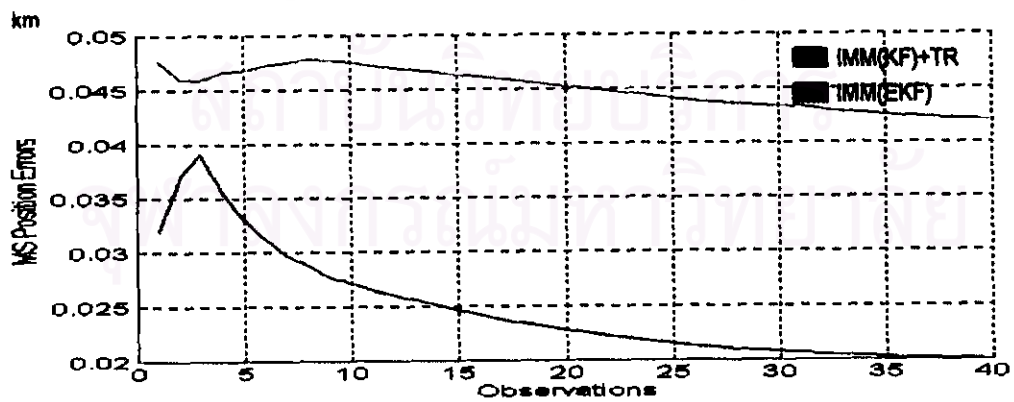
รูปที่ 3.90 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูปแบบ MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

ตารางที่ 3.44 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.0100	1.1709	0.0210	0.0123	21	0.3322	0.7276	0.0198	0.0103
2	0.5400	1.1195	0.0280	0.0205	22	0.3374	0.7145	0.0197	0.0102
3	0.3634	1.0916	0.0302	0.0243	23	0.3232	0.7039	0.0196	0.0100
4	0.4918	1.0373	0.0272	0.0208	24	0.3269	0.6915	0.0195	0.0099
5	0.3953	1.0080	0.0255	0.0184	25	0.3142	0.6808	0.0194	0.0098
6	0.4665	0.9770	0.0241	0.0168	26	0.3183	0.6704	0.0193	0.0097
7	0.4013	0.9599	0.0231	0.0153	27	0.3069	0.6614	0.0193	0.0095
8	0.4459	0.9346	0.0224	0.0144	28	0.3100	0.6514	0.0192	0.0094
9	0.3975	0.9209	0.0219	0.0136	29	0.2996	0.6425	0.0191	0.0093
10	0.4228	0.8940	0.0217	0.0132	30	0.3024	0.6334	0.0191	0.0093
11	0.3853	0.8784	0.0216	0.0129	31	0.2930	0.6250	0.0190	0.0092
12	0.4023	0.8544	0.0214	0.0126	32	0.2953	0.6165	0.0190	0.0092
13	0.3722	0.8395	0.0212	0.0123	33	0.2867	0.6084	0.0190	0.0091
14	0.3851	0.8191	0.0209	0.0119	34	0.2888	0.6005	0.0190	0.0091
15	0.3601	0.8052	0.0207	0.0117	35	0.2808	0.5931	0.0190	0.0090
16	0.3711	0.7882	0.0205	0.0114	36	0.2824	0.5854	0.0189	0.0090
17	0.3499	0.7760	0.0203	0.0111	37	0.2760	0.5779	0.0189	0.0090
18	0.3595	0.7618	0.0202	0.0109	38	0.2762	0.5705	0.0189	0.0089
19	0.3411	0.7514	0.0200	0.0107	39	0.2694	0.5632	0.0189	0.0089
20	0.3483	0.7378	0.0199	0.0105	40	0.2705	0.5565	0.0189	0.0089
					MEAN	0.33996	0.77	0.02088	0.01182
					%	579.925	1440	139.435	322.922



รูปที่ 3.91 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

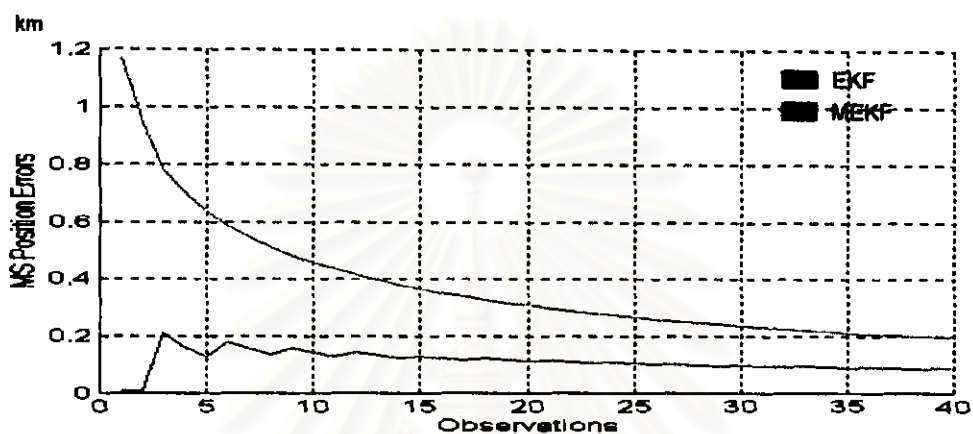


รูปที่ 3.92 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

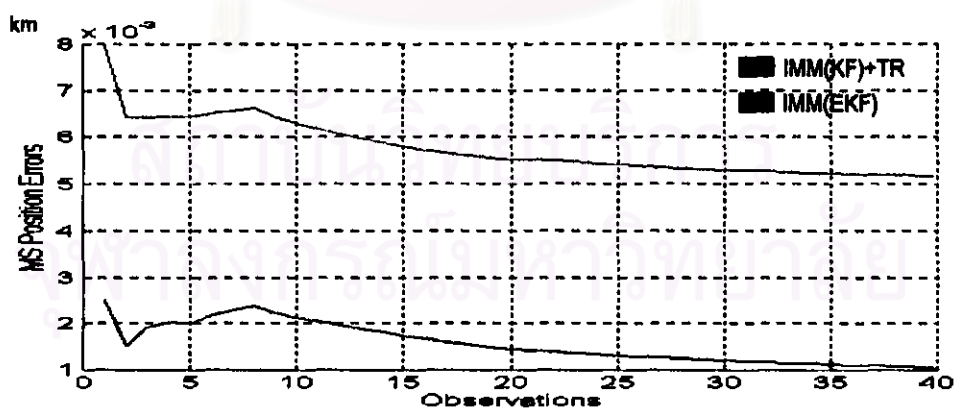
ตารางที่ 3.45 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 2 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.0100	1.2904	0.0476	0.0320	21	0.7966	1.2832	0.0460	0.0225
2	0.7476	1.3851	0.0459	0.0371	22	0.8390	1.2915	0.0448	0.0223
3	0.5017	1.3451	0.0459	0.0391	23	0.8030	1.2689	0.0445	0.0220
4	0.7778	1.4026	0.0467	0.0356	24	0.8424	1.2767	0.0443	0.0218
5	0.8243	1.3656	0.0467	0.0330	25	0.8091	1.2548	0.0441	0.0216
6	0.7927	1.4007	0.0473	0.0312	26	0.8454	1.2616	0.0439	0.0213
7	0.6808	1.3659	0.0476	0.0287	27	0.8144	1.2409	0.0437	0.0212
8	0.8015	1.3901	0.0478	0.0287	28	0.8486	1.2475	0.0436	0.0210
9	0.7135	1.3577	0.0478	0.0277	29	0.8197	1.2274	0.0434	0.0209
10	0.8107	1.3790	0.0476	0.0271	30	0.8513	1.2332	0.0434	0.0208
11	0.7379	1.3484	0.0472	0.0266	31	0.8242	1.2139	0.0432	0.0206
12	0.8197	1.3876	0.0470	0.0259	32	0.8539	1.2191	0.0430	0.0205
13	0.7575	1.3379	0.0468	0.0255	33	0.8283	1.2004	0.0428	0.0204
14	0.8258	1.3525	0.0466	0.0251	34	0.8563	1.2061	0.0427	0.0203
15	0.7714	1.3249	0.0463	0.0247	35	0.8321	1.1873	0.0425	0.0203
16	0.8293	1.3361	0.0461	0.0242	36	0.8590	1.1920	0.0424	0.0202
17	0.7811	1.3104	0.0460	0.0238	37	0.8361	1.1744	0.0422	0.0201
18	0.8326	1.3203	0.0457	0.0235	38	0.8617	1.1787	0.0422	0.0201
19	0.7993	1.2967	0.0454	0.0231	39	0.8399	1.1615	0.0421	0.0201
20	0.8359	1.3060	0.0452	0.0228	40	0.8642	1.1654	0.0420	0.0200
					MEAN	0.77916	1.28866	0.04498	0.02461
					%	1458.32	2473.31	11.1729	103.19

- ผลการทดสอบในรูปกราฟและตารางของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 3  
(ค่ากำลังของ Gaussian Noise แตกต่างกัน จากการวัด 40 ครั้ง)



รูปที่ 3.93 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

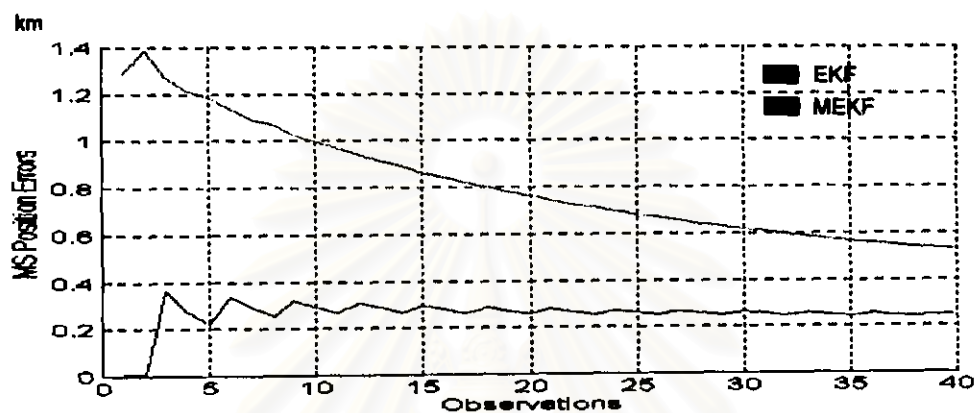


รูปที่ 3.94 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

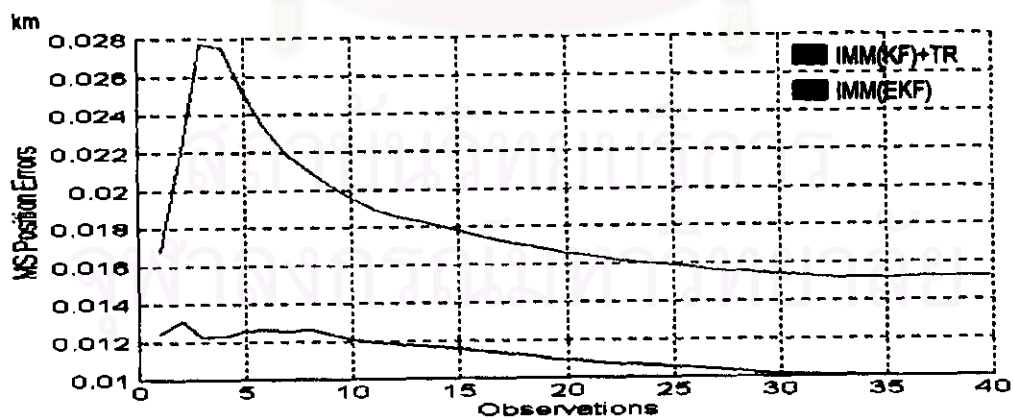
ตารางที่ 3.46 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

OBSV	EKF (mm)	MEKF (mm)	ImmTR (mm)	IMM (mm)	OBSV	EKF (mm)	MEKF (mm)	ImmTR (mm)	IMM (mm)
1	0.0100	1.1709	0.0080	0.0025	21	0.1155	0.2989	0.0055	0.0014
2	0.0100	0.9383	0.0084	0.0015	22	0.1107	0.2903	0.0055	0.0014
3	0.2122	0.7830	0.0084	0.0019	23	0.1084	0.2824	0.0055	0.0014
4	0.1818	0.7011	0.0084	0.0020	24	0.1088	0.2744	0.0054	0.0013
5	0.1313	0.8373	0.0084	0.0020	25	0.1048	0.2672	0.0054	0.0013
6	0.1789	0.6838	0.0085	0.0022	26	0.1012	0.2603	0.0054	0.0013
7	0.1548	0.5458	0.0088	0.0023	27	0.1027	0.2537	0.0054	0.0013
8	0.1367	0.5118	0.0088	0.0024	28	0.0994	0.2475	0.0053	0.0012
9	0.1588	0.4810	0.0084	0.0022	29	0.0963	0.2417	0.0053	0.0012
10	0.1437	0.4674	0.0083	0.0021	30	0.0979	0.2362	0.0053	0.0012
11	0.1316	0.4352	0.0082	0.0021	31	0.0951	0.2311	0.0053	0.0012
12	0.1428	0.4143	0.0081	0.0020	32	0.0924	0.2261	0.0053	0.0012
13	0.1324	0.3969	0.0080	0.0019	33	0.0937	0.2214	0.0052	0.0012
14	0.1238	0.3807	0.0080	0.0018	34	0.0913	0.2170	0.0052	0.0011
15	0.1317	0.3661	0.0080	0.0017	35	0.0890	0.2127	0.0052	0.0011
16	0.1241	0.3527	0.0080	0.0017	36	0.0904	0.2088	0.0052	0.0011
17	0.1174	0.3406	0.0080	0.0016	37	0.0882	0.2088	0.0052	0.0011
18	0.1231	0.3285	0.0080	0.0016	38	0.0861	0.2047	0.0052	0.0011
19	0.1171	0.3183	0.0080	0.0016	39	0.0873	0.2009	0.0052	0.0011
20	0.1118	0.3082	0.0080	0.0016	40	0.0873	0.1972	0.0052	0.0011
					MEAN	0.11244	0.38082	0.00576	0.00202
					%	124.885	661.63	788.432	2378.31





รูปที่ 3.95 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูป MSE ของกรณีนี้ 3 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

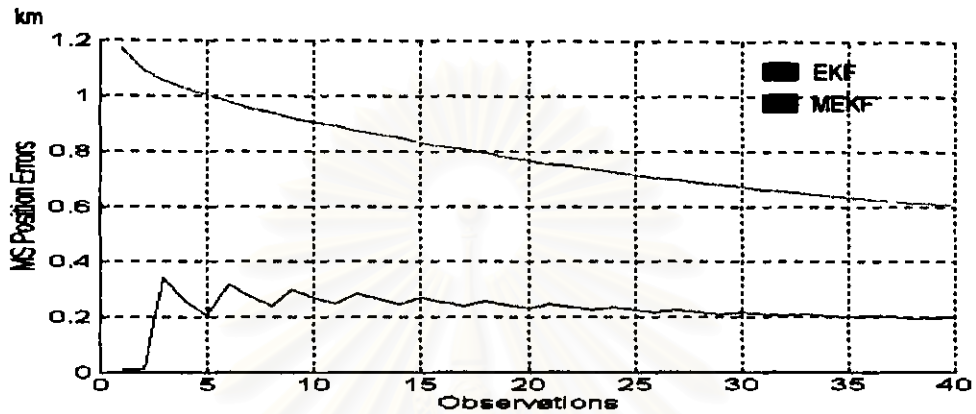


รูปที่ 3.96 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูป MSE ของกรณีนี้ 3 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

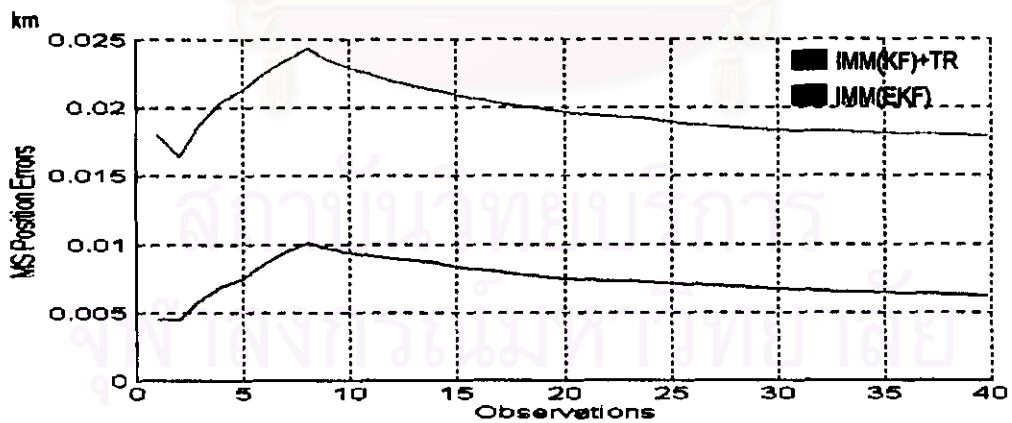
ตารางที่ 3.47 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 3 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.0100	1.2904	0.0168	0.0126	21	0.2789	0.7446	0.0164	0.0108
2	0.0100	1.3872	0.0221	0.0131	22	0.2667	0.7279	0.0163	0.0108
3	0.3618	1.2723	0.0278	0.0123	23	0.2555	0.7133	0.0161	0.0107
4	0.2738	1.2133	0.0276	0.0123	24	0.2724	0.6972	0.0160	0.0106
5	0.2211	1.1867	0.0260	0.0126	25	0.2619	0.6823	0.0159	0.0106
6	0.3381	1.1358	0.0232	0.0126	26	0.2622	0.6687	0.0158	0.0105
7	0.2912	1.0904	0.0218	0.0126	27	0.2667	0.6549	0.0157	0.0104
8	0.2561	1.0674	0.0210	0.0127	28	0.2576	0.6419	0.0156	0.0103
9	0.3222	1.0278	0.0202	0.0124	29	0.2490	0.6300	0.0155	0.0102
10	0.2910	0.9957	0.0195	0.0121	30	0.2616	0.6182	0.0154	0.0102
11	0.2655	0.9704	0.0190	0.0120	31	0.2535	0.6069	0.0153	0.0101
12	0.3091	0.9396	0.0186	0.0118	32	0.2459	0.5966	0.0153	0.0101
13	0.2881	0.9113	0.0183	0.0117	33	0.2574	0.5861	0.0153	0.0101
14	0.2684	0.8897	0.0181	0.0117	34	0.2501	0.5762	0.0152	0.0101
15	0.2973	0.8638	0.0179	0.0116	35	0.2432	0.5669	0.0152	0.0100
16	0.2793	0.8411	0.0175	0.0114	36	0.2531	0.5575	0.0152	0.0100
17	0.2635	0.8216	0.0172	0.0113	37	0.2466	0.5484	0.0153	0.0100
18	0.2966	0.8000	0.0170	0.0112	38	0.2403	0.5401	0.0153	0.0100
19	0.2720	0.7794	0.0168	0.0111	39	0.2495	0.5330	0.0153	0.0100
20	0.2589	0.7623	0.0166	0.0109	40	0.2491	0.5313	0.0153	0.0100
					MEAN	0.36687	0.64711	0.0182	0.01119
					%	633.73	1194.21	174.688	346.927

- ผลการทดสอบในรูปแบบกราฟและตารางของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 3  
(ค่ากำลังของ Gaussian Noise แตกต่างกัน จากการวัด 40 ครั้ง)



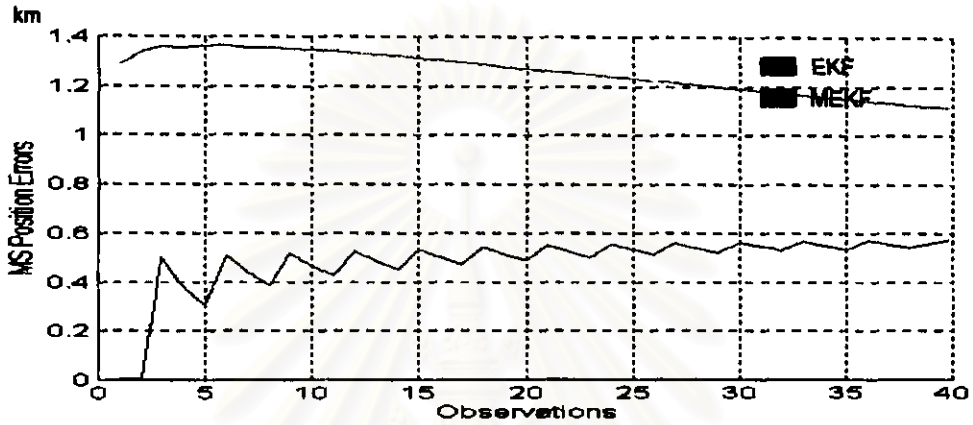
รูปที่ 3.97 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูปแบบ MSE ของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X



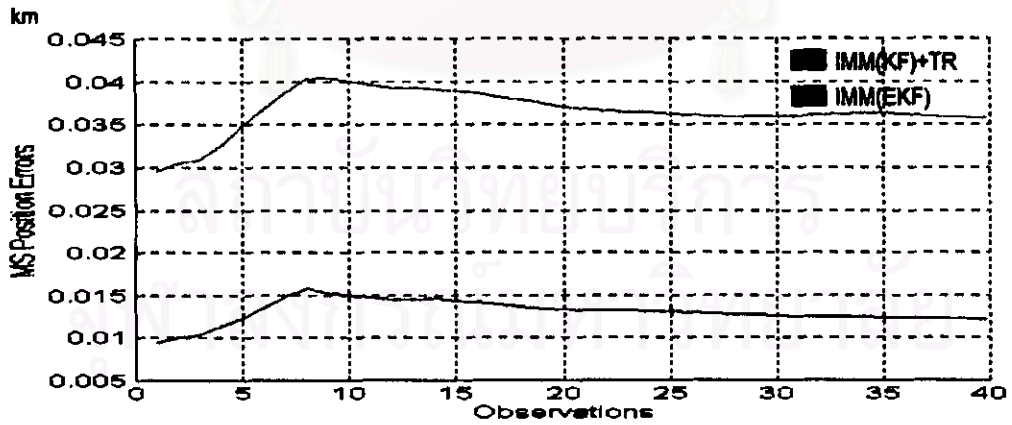
รูปที่ 3.98 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูปแบบ MSE ของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

ตารางที่ 3.48 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรรมที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.0100	1.1709	0.0180	0.0048	21	0.2448	0.7548	0.0195	0.0074
2	0.0100	1.0960	0.0164	0.0045	22	0.2342	0.7443	0.0194	0.0074
3	0.3408	1.0544	0.0188	0.0059	23	0.2244	0.7349	0.0193	0.0073
4	0.2581	1.0288	0.0204	0.0069	24	0.2347	0.7242	0.0191	0.0072
5	0.2085	1.0024	0.0213	0.0074	25	0.2257	0.7147	0.0189	0.0071
6	0.3168	0.9781	0.0225	0.0086	26	0.2174	0.7055	0.0188	0.0071
7	0.2729	0.9545	0.0235	0.0095	27	0.2257	0.6960	0.0186	0.0070
8	0.2401	0.9384	0.0243	0.0101	28	0.2180	0.6871	0.0185	0.0069
9	0.3002	0.9180	0.0236	0.0097	29	0.2109	0.6790	0.0184	0.0068
10	0.2711	0.9041	0.0229	0.0094	30	0.2181	0.6706	0.0183	0.0067
11	0.2474	0.8892	0.0224	0.0092	31	0.2114	0.6629	0.0183	0.0067
12	0.2840	0.8737	0.0219	0.0089	32	0.2051	0.6555	0.0182	0.0066
13	0.2829	0.8585	0.0216	0.0088	33	0.2115	0.6483	0.0182	0.0065
14	0.2449	0.8466	0.0213	0.0086	34	0.2055	0.6412	0.0182	0.0065
15	0.2695	0.8308	0.0209	0.0084	35	0.1999	0.6348	0.0181	0.0064
16	0.2533	0.8181	0.0208	0.0082	36	0.2050	0.6273	0.0181	0.0064
17	0.2390	0.8053	0.0203	0.0080	37	0.1998	0.6208	0.0180	0.0063
18	0.2556	0.7908	0.0201	0.0078	38	0.1948	0.6140	0.0180	0.0063
19	0.2427	0.7779	0.0189	0.0076	39	0.1989	0.6075	0.0179	0.0063
20	0.2311	0.7680	0.017	0.0075	40	0.1988	0.6072	0.0179	0.0063
					MEAN	0.22609	0.79333	0.01969	0.00737
					%	352.175	1486.66	154.001	578.428



รูปที่ 3.99 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
 ในรูป MSE ของกรณีนี้ 4 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

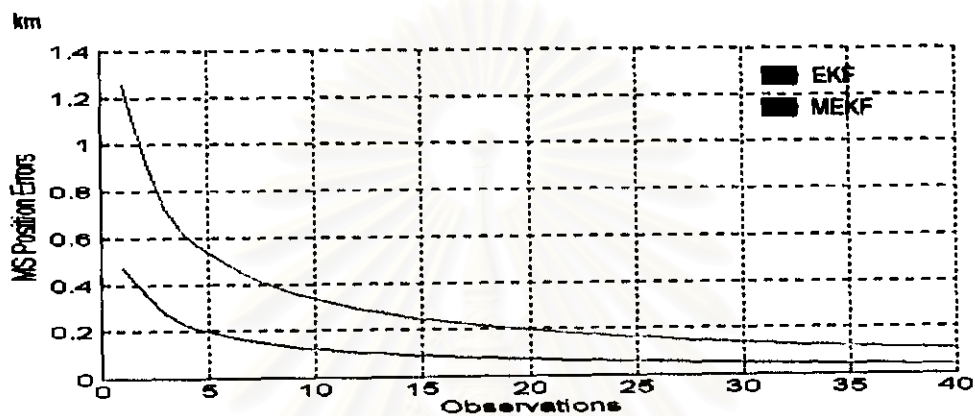


รูปที่ 3.100 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
 ในรูป MSE ของกรณีนี้ 4 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

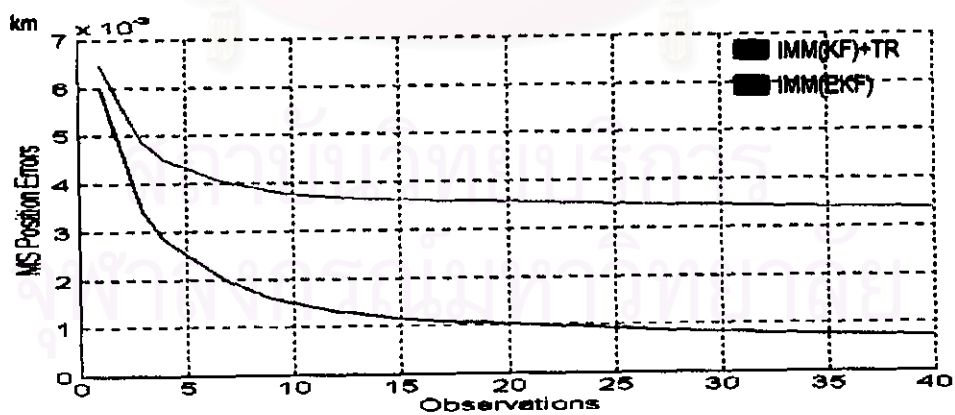
ตารางที่ 3.49 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 4 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.0100	1.2904	0.0285	0.0095	21	0.5482	1.2630	0.0368	0.0132
2	0.0100	1.3401	0.0304	0.0100	22	0.5237	1.2546	0.0366	0.0132
3	0.5027	1.3597	0.0308	0.0104	23	0.5014	1.2470	0.0364	0.0132
4	0.3785	1.3544	0.0325	0.0114	24	0.5539	1.2388	0.0364	0.0131
5	0.3066	1.3832	0.0347	0.0123	25	0.5322	1.2298	0.0362	0.0130
6	0.5094	1.3824	0.0368	0.0136	26	0.5121	1.2225	0.0361	0.0130
7	0.4380	1.3555	0.0388	0.0148	27	0.5585	1.2139	0.0360	0.0128
8	0.3845	1.3565	0.0403	0.0158	28	0.5369	1.2066	0.0359	0.0127
9	0.5174	1.3519	0.0404	0.0153	29	0.5207	1.1978	0.0359	0.0127
10	0.4667	1.3446	0.0401	0.0150	30	0.5824	1.1899	0.0359	0.0128
11	0.4252	1.3412	0.0396	0.0148	31	0.5446	1.1810	0.0360	0.0125
12	0.5257	1.3349	0.0393	0.0146	32	0.5279	1.1737	0.0361	0.0125
13	0.4860	1.3269	0.0392	0.0145	33	0.5859	1.1654	0.0362	0.0125
14	0.4520	1.3212	0.0391	0.0146	34	0.5496	1.1572	0.0363	0.0125
15	0.5340	1.3129	0.0389	0.0144	35	0.5341	1.1497	0.0363	0.0124
16	0.5013	1.3045	0.0386	0.0141	36	0.5896	1.1412	0.0362	0.0124
17	0.4724	1.2977	0.0382	0.0139	37	0.5545	1.1331	0.0360	0.0123
18	0.5422	1.2891	0.0379	0.0137	38	0.5402	1.1253	0.0358	0.0123
19	0.5142	1.2788	0.0374	0.0135	39	0.5731	1.1180	0.0357	0.0122
20	0.4890	1.2716	0.0371	0.0133	40	0.5743	1.1172	0.0356	0.0122
					MEAN	0.48379	1.25703	0.03656	0.01307
					%	887.58	2414.06	38.7989	282.555

- ผลการทดสอบในรูปกราฟและตารางของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 3  
(ค่ากำลังของ Gaussian Noise แตกต่างกัน จากการวัด 40 ครั้ง)



รูปที่ 3.101 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

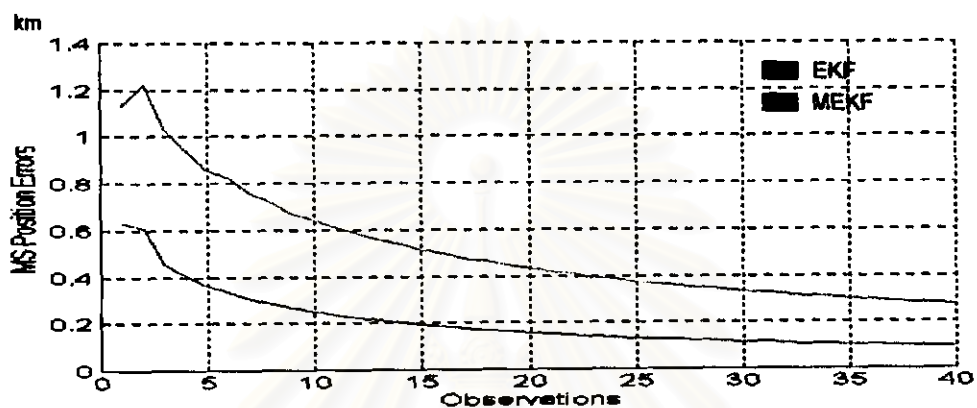


รูปที่ 3.102 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

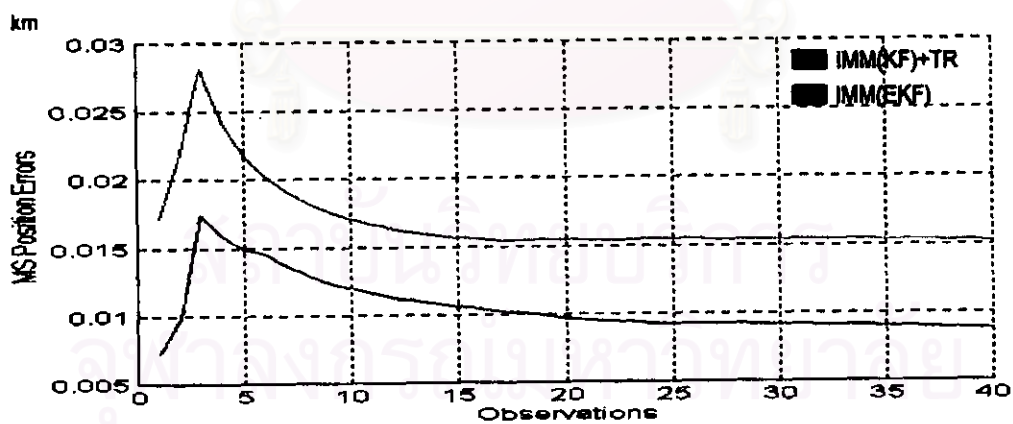


ตารางที่ 3.50 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่มี 5 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

OBSV	EKF (mm)	MEKF (mm)	ImmTR (mm)	IMM (mm)	OBSV	EKF (mm)	MEKF (mm)	ImmTR (mm)	IMM (mm)
1	0.4734	1.2544	0.0065	0.0060	21	0.0701	0.1891	0.0036	0.0010
2	0.3655	0.9471	0.0056	0.0048	22	0.0675	0.1818	0.0035	0.0010
3	0.2757	0.7275	0.0049	0.0034	23	0.0651	0.1754	0.0035	0.0010
4	0.2271	0.6017	0.0045	0.0028	24	0.0629	0.1690	0.0035	0.0009
5	0.1998	0.5385	0.0043	0.0025	25	0.0608	0.1636	0.0035	0.0009
6	0.1775	0.4801	0.0041	0.0022	26	0.0589	0.1582	0.0035	0.0009
7	0.1588	0.4313	0.0040	0.0020	27	0.0570	0.1533	0.0035	0.0009
8	0.1441	0.3900	0.0039	0.0018	28	0.0553	0.1484	0.0035	0.0009
9	0.1327	0.3618	0.0038	0.0016	29	0.0537	0.1443	0.0035	0.0009
10	0.1232	0.3348	0.0038	0.0015	30	0.0521	0.1400	0.0035	0.0008
11	0.1146	0.3122	0.0037	0.0014	31	0.0507	0.1362	0.0035	0.0008
12	0.1075	0.2916	0.0037	0.0013	32	0.0494	0.1324	0.0034	0.0008
13	0.1016	0.2760	0.0037	0.0013	33	0.0481	0.1291	0.0034	0.0008
14	0.0962	0.2606	0.0036	0.0012	34	0.0469	0.1257	0.0034	0.0008
15	0.0913	0.2473	0.0036	0.0012	35	0.0457	0.1227	0.0034	0.0008
16	0.0868	0.2345	0.0036	0.0011	36	0.0446	0.1196	0.0034	0.0008
17	0.0829	0.2243	0.0036	0.0011	37	0.0436	0.1169	0.0034	0.0008
18	0.0793	0.2140	0.0036	0.0011	38	0.0426	0.1141	0.0034	0.0007
19	0.0759	0.2051	0.0036	0.0011	39	0.0417	0.1116	0.0034	0.0007
20	0.0728	0.1963	0.0036	0.0010	40	0.0408	0.1091	0.0034	0.0007
					MEAN	0.10608	0.28424	0.00377	0.00143
					%	112.155	468.48	1225.38	3402.63



รูปที่ 3.103 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

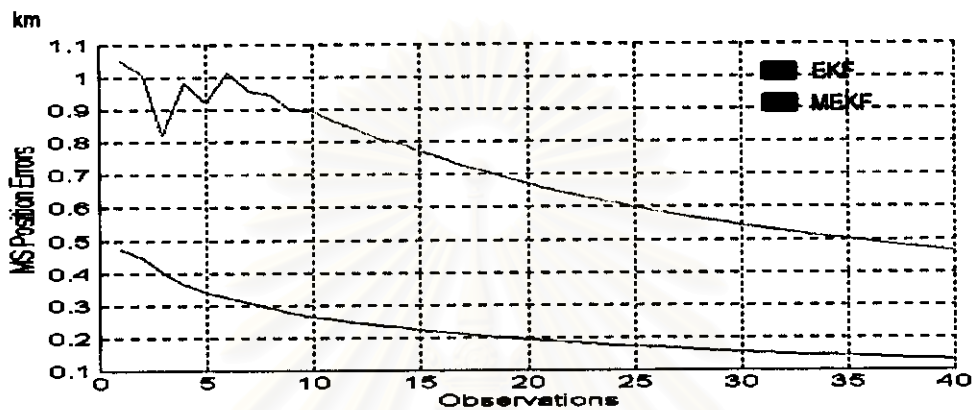


รูปที่ 3.104 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูป MSE ของกรณีที่ 5 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

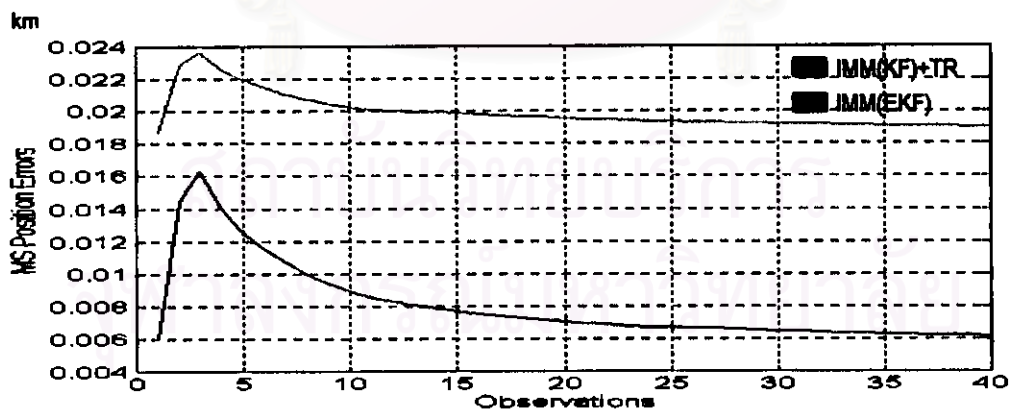
ตารางที่ 3.51 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที 5 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.6273	1.1293	0.0172	0.0073	21	0.1510	0.4186	0.0154	0.0096
2	0.6081	1.2225	0.0220	0.0098	22	0.1458	0.4086	0.0154	0.0095
3	0.4560	1.0338	0.0281	0.0174	23	0.1412	0.3949	0.0154	0.0094
4	0.4087	0.9382	0.0242	0.0159	24	0.1368	0.3862	0.0155	0.0093
5	0.3618	0.8537	0.0218	0.0149	25	0.1328	0.3740	0.0155	0.0093
6	0.3333	0.8211	0.0202	0.0145	26	0.1291	0.3668	0.0154	0.0093
7	0.3041	0.7666	0.0191	0.0136	27	0.1256	0.3559	0.0154	0.0093
8	0.2834	0.7133	0.0182	0.0129	28	0.1222	0.3491	0.0154	0.0093
9	0.2660	0.6677	0.0176	0.0123	29	0.1190	0.3394	0.0154	0.0092
10	0.2503	0.6420	0.0171	0.0120	30	0.1158	0.3332	0.0154	0.0092
11	0.2359	0.6068	0.0166	0.0116	31	0.1131	0.3245	0.0154	0.0091
12	0.2231	0.5831	0.0163	0.0113	32	0.1105	0.3190	0.0154	0.0091
13	0.2115	0.5544	0.0160	0.0110	33	0.1080	0.3110	0.0154	0.0091
14	0.2018	0.5381	0.0157	0.0108	34	0.1056	0.3061	0.0154	0.0091
15	0.1926	0.5139	0.0156	0.0106	35	0.1034	0.2989	0.0154	0.0090
16	0.1840	0.4973	0.0155	0.0104	36	0.1013	0.2942	0.0154	0.0090
17	0.1761	0.4787	0.0154	0.0102	37	0.0993	0.2876	0.0153	0.0089
18	0.1691	0.4640	0.0154	0.0101	38	0.0973	0.2835	0.0153	0.0089
19	0.1627	0.4480	0.0155	0.0099	39	0.0955	0.2774	0.0152	0.0088
20	0.1567	0.4339	0.0155	0.0097	40	0.0937	0.2735	0.0152	0.0088
					<b>MEAN</b>	0.20389	0.51484	0.01677	0.01049
					<b>%</b>	307.78	929.686	198.24	378.872

- ผลการทดสอบในรูปแบบกราฟและตารางของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 3  
(ค่ากำลังของ Gaussian Noise แตกต่างกัน จากการวัด 40 ครั้ง)



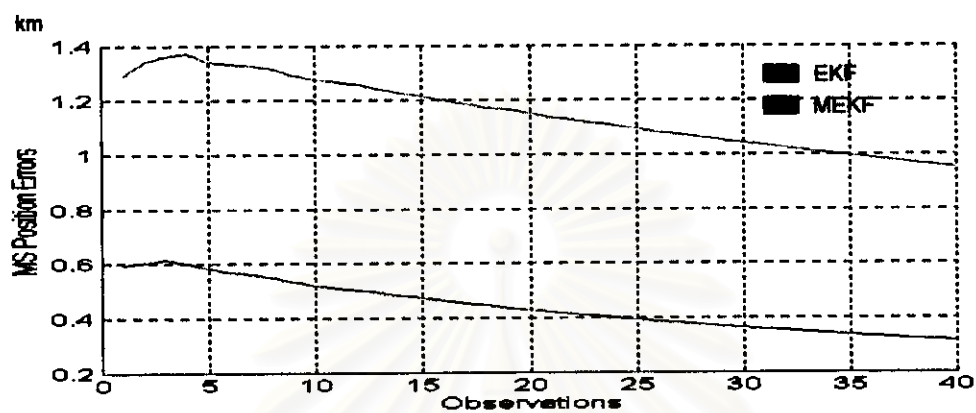
รูปที่ 3.105 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
ในรูปแบบ MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X



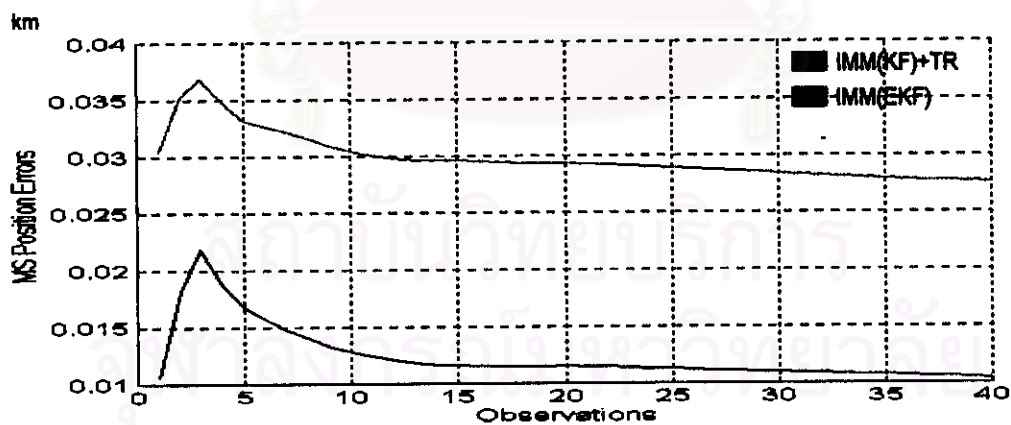
รูปที่ 3.106 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
ในรูปแบบ MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

ตารางที่ 3.52 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรรมที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน X

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.4734	1.0490	0.0187	0.0060	21	0.1898	0.6546	0.0195	0.0069
2	0.4447	1.0078	0.0228	0.0145	22	0.1853	0.6398	0.0195	0.0069
3	0.4030	0.8222	0.0237	0.0163	23	0.1811	0.6254	0.0194	0.0068
4	0.3831	0.9829	0.0226	0.0140	24	0.1770	0.6119	0.0194	0.0067
5	0.3397	0.9209	0.0219	0.0125	25	0.1731	0.5988	0.0193	0.0067
6	0.3237	1.0141	0.0215	0.0115	26	0.1696	0.5874	0.0193	0.0067
7	0.3084	0.9565	0.0210	0.0107	27	0.1662	0.5762	0.0193	0.0066
8	0.2905	0.9448	0.0207	0.0099	28	0.1628	0.5647	0.0193	0.0066
9	0.2768	0.8991	0.0205	0.0094	29	0.1596	0.5539	0.0192	0.0065
10	0.2654	0.8947	0.0203	0.0089	30	0.1566	0.5437	0.0192	0.0065
11	0.2563	0.8611	0.0201	0.0085	31	0.1538	0.5342	0.0192	0.0064
12	0.2469	0.8392	0.0200	0.0083	32	0.1509	0.5250	0.0192	0.0064
13	0.2378	0.8092	0.0200	0.0081	33	0.1482	0.5163	0.0191	0.0064
14	0.2308	0.7947	0.0199	0.0079	34	0.1457	0.5081	0.0191	0.0063
15	0.2244	0.7714	0.0199	0.0077	35	0.1433	0.5004	0.0191	0.0063
16	0.2173	0.7497	0.0198	0.0076	36	0.1409	0.4924	0.0191	0.0063
17	0.2110	0.7529	0.0197	0.0074	37	0.1386	0.4851	0.0191	0.0063
18	0.2054	0.7092	0.0197	0.0073	38	0.1364	0.4779	0.0190	0.0062
19	0.2001	0.6901	0.0196	0.0072	39	0.1342	0.4714	0.0190	0.0062
20	0.1947	0.6721	0.0196	0.0070	40	0.1322	0.4645	0.0190	0.0062
					MEAN	0.22141	0.70183	0.01991	0.00801
					%	342.825	1303.66	151.162	524.026



รูปที่ 3.107 ค่าความคลาดเคลื่อนของ EKF และ MEKF  
 ในรูป MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y



รูปที่ 3.108 ค่าความคลาดเคลื่อนของ IMM(KF)+TR และ IMM(EKF)  
 ในรูป MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

ตารางที่ 3.53 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป MSE ของกรณีที่ 6 กลุ่มปัญหาที่ 3 บนแกน Y

OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)	OBSV	EKF (km)	MEKF (km)	ImmTR (km)	IMM (km)
1	0.5953	1.2912	0.0304	0.0106	21	0.4212	1.1375	0.0293	0.0115
2	0.6057	1.3414	0.0352	0.0182	22	0.4139	1.1241	0.0292	0.0115
3	0.6142	1.3609	0.0368	0.0219	23	0.4072	1.1157	0.0291	0.0114
4	0.6024	1.3710	0.0348	0.0188	24	0.4006	1.1031	0.0290	0.0114
5	0.5841	1.3406	0.0332	0.0168	25	0.3938	1.0931	0.0289	0.0113
6	0.5707	1.3345	0.0327	0.0157	26	0.3875	1.0807	0.0288	0.0112
7	0.5618	1.3266	0.0321	0.0148	27	0.3817	1.0729	0.0287	0.0112
8	0.5473	1.3144	0.0316	0.0140	28	0.3758	1.0609	0.0287	0.0111
9	0.5326	1.2915	0.0310	0.0134	29	0.3700	1.0526	0.0285	0.0111
10	0.5207	1.2780	0.0304	0.0128	30	0.3644	1.0408	0.0284	0.0110
11	0.5112	1.2682	0.0301	0.0124	31	0.3592	1.0341	0.0283	0.0110
12	0.5013	1.2544	0.0298	0.0121	32	0.3538	1.0222	0.0282	0.0109
13	0.4906	1.2380	0.0296	0.0118	33	0.3485	1.0143	0.0281	0.0109
14	0.4811	1.2245	0.0296	0.0117	34	0.3434	1.0028	0.0281	0.0108
15	0.4729	1.2141	0.0296	0.0116	35	0.3387	0.9964	0.0280	0.0108
16	0.4636	1.2003	0.0296	0.0116	36	0.3338	0.9849	0.0279	0.0107
17	0.4539	1.1883	0.0294	0.0115	37	0.3291	0.9781	0.0278	0.0107
18	0.4452	1.1723	0.0294	0.0115	38	0.3246	0.9671	0.0277	0.0106
19	0.4374	1.1630	0.0293	0.0115	39	0.3204	0.9615	0.0277	0.0105
20	0.4293	1.1493	0.0293	0.0116	40	0.3162	0.9511	0.0276	0.0105
					<b>MEAN</b>	0.44262	1.15281	0.0288	0.01236
					<b>%</b>	785.245	2206.62	67.7983	304.531



## ผลการทดสอบในรูป MSE กรณีที่ใช้เครื่องจักรรักษาที่สมบอยู่กับที่

ตารางที่ 3.54 ผลการทดสอบเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ที่ค่ามาตรฐาน 0.05 km  
กรณีที่ใช้เครื่องจักรรักษาที่สมบอยู่กับที่ของทุกอัลกอริทึมและทุกกลุ่มปัญหา

กลุ่ม ปัญหา	อัลกอริทึม	กรณีที่ใช้ทดสอบ											
		1		2		3		4		5		6	
		x	y	x	y	x	Y	x	y	x	Y	x	y
1	EKF	3609.4	10298	8761.8	15308	2552.5	7635.2	8177.4	13598	2518.4	8781.2	5341.1	13340
	MEKF	10467	25274	12589	30295	9827.2	24788	10768	20768	8888.8	24302	9358.2	22709
	LEKF	197.42	14.723	46.987	39.222	208.64	4.4811	73.544	31.8	118.19	14.884	93.59	24
	IMMTR	990.91	76.678	328.78	24.931	1129.5	88.803	388.22	58.74	1348.9	78.058	353.4	47.808
	IMM	1931.6	83.673	923.89	59.405	2890	77.685	2133.3	73.913	2831.6	87.817	1611	79.319
2	EKF	2738.6	7582.3	6227	15019	2183.7	7049.5	6509.8	14017	2588.7	5835.2	5612.3	12987
	MEKF	8888.5	10389	10072	28344	5888.8	11833	9760	28183	7188.1	7887.8	9238.2	22987
	LEKF	180.79	18.814	65.738	39.544	204.47	4.4811	92.555	18.356	287.65	13.822	112.87	16.833
	IMMTR	1354	98.719	388.22	40.384	1075.1	83.150	450.8	51.439	1090.5	121.29	530.25	49.328
	IMM	2274.7	100.27	1160	100.88	2703.7	95.185	1227.4	88.027	3401.9	108.45	1241.3	88.325
3	REF	245.5	413.56	579.93	1458.3	124.89	833.73	352.18	887.58	112.16	307.78	342.83	785.25
	MEKF	809.95	1533.4	1440	2473.3	881.83	1194.2	1488.7	2414.1	488.48	929.89	1303.7	2205.6
	IMMTR	780.87	180.43	139.44	11.173	788.43	174.89	154.01	38.790	1225.4	198.24	161.16	67.8
	IMM	2777.7	349.04	322.82	103.19	2378.3	348.83	578.43	282.58	3402.8	378.87	524.03	304.53

- ตัวเลขน้ำเงิน แสดงว่า ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน
- ตัวเลขสีแดง แสดงว่า ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

จากตารางที่ 3.54 ได้ผลการทดสอบว่า

### กลุ่มปัญหาที่ 1

1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกอัลกอริทึม กับค่ามาตรฐาน ในแกน x และ y ได้ดังนี้

1.1) กรณีที่ 1

1.1.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1931.6 % และ 83.673 %

1.1.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 990.91 % และ 76.678 %

1.1.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 197.42 % และ 14.273 %

1.1.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 3609.4 % และ 10298 %

1.1.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 10467 % และ 26274 %

1.2) กรณีที่ 2

1.2.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 923.89 % และ 59.405 %

1.2.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 328.78 % และ 24.931 %

1.2.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน x 46.987 % และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

ในแกน y 39.222 %

1.2.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 6751.8 % และ 15308 %

1.2.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 12569 % และ 30295 %

1.3) กรณีที่ 3

1.3.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 2890 % และ 77.585 %

1.3.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1129.5 % และ 68.603 %

1.3.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 208.64 % และ 4.4811 %

1.3.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 2552.5 % และ 7835.2 %

1.3.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 9827.2 % และ 24788 %

1.4) กรณีที่ 4

1.4.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 2133.3 % และ 73.913 %

1.4.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 386.22 % และ 56.74 %

1.4.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน x 73.544 % และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน  
ในแกน y 31.6 %

1.4.2) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 6177.4 % และ 13598 %

1.4.3) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 10758 % และ 20758 %

1.5) กรณีที่ 5

1.5.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 2831.6 % และ 87.617 %

1.5.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1346.9 % และ 76.056 %

1.5.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 116.19 % และ 14.884 %

1.5.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 2518.4 % และ 6781.2 %

1.5.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 8666.8 % และ 24302 %

1.6) กรณีที่ 6

1.6.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1611 % และ 79.319 %

1.6.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 353.4 % และ 47.808 %

1.6.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน x 93.59 % และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน  
ในแกน y 24 %

1.6.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 5341.1 % และ 13340 %

1.6.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 9356.2 % และ 22709 %

2) เปรียบเทียบแต่ละอัลกอริทึม ในแกน x และ y ได้ดังนี้

2.1) กรณีที่ 1

2.1.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 940.69 % และ 6.995 %

2.1.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 1734.18 % และ 68.95 %

- 2.1.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 5541 % และ 10381.673 %
- 2.1.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 12398.6 % และ 26357.673 %
- 2.2) กรณีที่ 2
- 2.2.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 595.11 % และ 34.474 %
- 2.2.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 876.993 % และ 98.627 %
- 2.2.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 7675.69 % และ 15367.405 %
- 2.2.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 13492.89 % และ 30354.405 %
- 2.3) กรณีที่ 3
- 2.3.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 1760.5 % และ 8.982 %
- 2.3.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 2681.36 % และ 73.1039 %
- 2.3.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 5442.5 % และ 7912.785 %
- 2.3.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 12717.2 % และ 24865.585 %
- 2.4) กรณีที่ 4
- 2.4.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 1747.08 % และ 17.173 %
- 2.4.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 2059.756 % และ 105.513 %
- 2.4.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 8310.7 % และ 13671.913 %
- 2.4.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 12891.3 % และ 20831.913 %
- 2.5) กรณีที่ 5
- 2.5.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 1484.7 % และ 11.561 %
- 2.5.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 2715.41 % และ 72.733 %
- 2.5.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 5350 % และ 6868.817 %
- 2.5.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 11498.4 % และ 24389.817 %
- 2.6) กรณีที่ 6
- 2.6.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 1257.6 % และ 31.511 %
- 2.6.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 1515.41 % และ 103.319 %
- 2.6.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 6952.1 % และ 13419.319 %
- 2.6.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 10967.2 % และ 22788.319 %
- 3) เมื่อเปรียบเทียบค่า SNR ของแต่ละอัลกอริทึมที่สามารถใช้ได้ กับค่ามาตรฐาน พบว่า
- 3.1) IMM แกน x กรณีที่ 1-6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 9.4873 dB ขึ้นไป และแกน y กรณีที่ 1-2 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 10.2767 dB ขึ้นไป และกรณีทดสอบที่ 3-6 ใช้ได้ตั้งแต่ 9.9973 dB ขึ้นไป

- 3.2) IMMTR แขน x กรณีที่ 1-6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 9.4873 dB ขึ้นไป และแขน y กรณีที่ 1-6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 10.2767 dB ขึ้นไป
- 3.3) LEKF แขน x กรณีที่ 1,3-6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 9.4873 dB ขึ้นไป ส่วนกรณีที่ 2 ใช้ได้ตั้งแต่ 9.7348 dB ขึ้นไป และแขน y กรณีที่ 1,3,5 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 11.2423 dB ขึ้นไปและกรณีที่ 2,4,6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 15.0197 dB ขึ้นไป
- 3.4) EKF และ MEKF ทั้งในแขน x และ y และในทุกกรณี ไม่สามารถใช้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ได้
- 4) ค่า SNR ที่สูง มีความผิดพลาดน้อยกว่าค่า SNR ที่ต่ำ
- 5) ค่าความผิดพลาดในแนวแกน y มีค่ามากกว่าแนวแกน x

## กลุ่มข้อมูลที่ 2

- 1) เปรียบเทียบอัลกอริทึม กับค่ามาตรฐาน ในแกน x และ y ได้ดังนี้

### 1.1) กรณีที่ 1

- 1.1.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 2274.7 % และ 100.27 %
- 1.1.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1354 % และ 98.719 %
- 1.1.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 190.79 % และ 16.914 %
- 1.1.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 2738.8 % และ 7562.3 %
- 1.1.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 6858.5 % และ 10369 %

### 1.2) กรณีที่ 2

- 1.2.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1150 % และ 100.98 %
- 1.2.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 386.22 % และ 40.384 %
- 1.2.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน x 56.736 % และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน y 39.544 %
- 1.2.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 6227 % และ 15019 %
- 1.2.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 10072 % และ 28344 %

### 1.3) กรณีที่ 3

- 1.3.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 2703.7 % และ 95.185 %
- 1.3.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1075.1 % และ 83.150 %
- 1.3.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 204.47 % และ 4.4811 %
- 1.3.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 2183.7 % และ 7049.5 %
- 1.3.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 5966.6 % และ 11833 %

## 1.4) กรณีที่ 4

- 1.4.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1227.4 % และ 86.027 %
- 1.4.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 450.8 % และ 51.439 %
- 1.4.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน x 92.555 % และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน y 16.356 %
- 1.4.2) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 6509.8 % และ 14017 %
- 1.4.3) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 9750 % และ 26163 %

## 1.5) กรณีที่ 5

- 1.5.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 3401.9 % และ 109.45 %
- 1.5.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1090.5 % และ 121.29 %
- 1.5.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 267.65 % และ 13.622 %
- 1.5.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 2586.7 % และ 5835.2 %
- 1.5.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 7188.1 % และ 7857.8 %

## 1.6) กรณีที่ 6

- 1.6.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1241.3 % และ 98.325 %
- 1.6.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 530.25 % และ 49.328 %
- 1.6.3) LEKF ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน x 112.67 % และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน y 16.933 %
- 1.6.4) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 5612.3 % และ 12987 %
- 1.6.5) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 9238.2 % และ 22987 %

## 2) เปรียบเทียบแต่ละอัลกอริทึม ในแกน x และ y ได้ดังนี้

## 2.1) กรณีที่ 1

- 2.1.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 920.7 % และ 1.551 %
- 2.1.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 2083.91 และ 83.356 %
- 2.1.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 5013.5 % และ 7662.57 %
- 2.1.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 9133.2 % และ 10469.27 %

## 2.2) กรณีที่ 2

- 2.2.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 763.78 % และ 60.596 %
- 2.2.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 1094.264 % และ 140.524 %
- 2.2.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 7377 % และ 15119.98 %
- 2.2.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 11222 % และ 2844.98 %

## 2.3) กรณีที่ 3

- 2.3.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 1628.6 % และ 12.035 %

- 2.3.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 2499.23 % และ 90.7039 %
- 2.3.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 4887.4 % และ 7144.685 %
- 2.3.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 8670.3 % และ 11928.185 %

#### 2.4) กรณีที่ 4

- 2.4.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 776.6 % และ 34.588 %
- 2.4.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 1134.845 % และ 102.383 %
- 2.4.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 7737.2 % และ 14103.027 %
- 2.4.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 10977.4 % และ 26249.027 %

#### 2.5) กรณีที่ 5

- 2.5.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR ในแกน x อยู่ 2311.4 % แต่ IMMTR ให้ผลดีกว่า IMM ในแกน y อยู่ 11.84 %
- 2.5.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 3134.25 % และ 95.828 %
- 2.5.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 5988.6 % และ 5977.65 %
- 2.5.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 10590 % และ 7967.25 %

#### 2.6) กรณีที่ 6

- 2.6.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 711.05 % และ 48.997 %
- 2.6.2) IMM ให้ผลดีกว่า LEKF อยู่ 1128.63 % และ 115.258 %
- 2.6.3) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 6853.6 % และ 13085.325 %
- 2.6.4) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 10479.5 % และ 23089.325 %

### 3) เมื่อเปรียบเทียบค่า SNR ของแต่ละอัลกอริทึมที่สามารถใช้ได้ กับค่ามาตรฐาน พบว่า

- 3.1) IMM แกน x กรณีที่ 1-6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 9.4873 dB ขึ้นไป และแกน y กรณีที่ 1-6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 9.9973 dB ขึ้นไป
- 3.2) IMMTR แกน x กรณีที่ 1-6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 9.4873 dB ขึ้นไป และแกน y กรณีที่ 1-4 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 10.2767 dB ขึ้นไป ส่วนกรณีที่ 5-6 ตั้งแต่ 9.9973 dB ขึ้นไป
- 3.3) LEKF แกน x กรณีที่ 1,3-6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 9.4873 dB ขึ้นไป ส่วนกรณีที่ 2 ใช้ได้ตั้งแต่ 9.7348 dB ขึ้นไป และแกน y กรณีที่ 1,3,5 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 11.2423 dB ขึ้นไปและกรณีที่ 4,6 ใช้ได้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ ที่มีค่า SNR ตั้งแต่ 12.9944 dB ขึ้นไป ส่วนกรณีที่ 2 ใช้ไม่ได้



3.4) EKF และ MEKF ทั้งในแกน  $x$  และ  $y$  และในทุกกรณี ไม่สามารถใช้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนไม่เป็นแบบเกาส์ได้

- 4) ค่า SNR ที่สูง มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าค่า SNR ที่ต่ำ  
5) ค่าความผิดพลาดในแนวแกน  $y$  มีค่ามากกว่าแนวแกน  $x$

### กลุ่มปัญหาที่ 3

1) เปรียบเทียบอัลกอริทึม กับค่ามาตรฐาน ในแกน  $x$  และ  $y$  ได้ดังนี้

1.1) กรณีที่ 1

- 1.1.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 2777.7 % และ 349.04 %  
1.1.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 780.67 % และ 180.43 %  
1.1.3) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 245.5 % และ 413.56 %  
1.1.4) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 809.95 % และ 1533.4 %

1.2) กรณีที่ 2

- 1.2.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 322.92 % และ 103.19 %  
1.2.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 139.44 % และ 11.173 %  
1.2.3) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 579.93 % และ 1458.3 %  
1.2.4) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 1440 % และ 2473.3 %

1.3) กรณีที่ 3

- 1.3.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 2378.3 % และ 346.93 %  
1.3.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 768.43 % และ 174.69 %  
1.3.3) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 124.89 % และ 633.73 %  
1.3.4) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 661.63 % และ 1194.2 %

1.4) กรณีที่ 4

- 1.4.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 578.43 % และ 282.56 %  
1.4.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 154.01 % และ 36.799 %  
1.4.3) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 352.18 % และ 867.58 %  
1.4.4) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 1486.7 % และ 2414.1 %

1.5) กรณีที่ 5

- 1.5.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 3402.6 % และ 376.87 %  
1.5.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 1225.4 % และ 198.24 %  
1.5.3) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 112.16 % และ 307.78 %  
1.5.4) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 468.48 % และ 929.69 %



- 1.6) กรณีที่ 6
- 1.6.1) IMM ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 524.03 % และ 304.53 %
  - 1.6.2) IMMTR ให้ผลดีกว่าค่ามาตรฐาน 151.16 % และ 67.8 %
  - 1.6.3) EKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 342.83 % และ 785.25 %
  - 1.6.4) MEKF ให้ผลต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 1303.7 % และ 2205.6 %
- 2) เปรียบเทียบแต่ละอัลกอริทึม ในแกน x และ y ได้ดังนี้
- 2.1) กรณีที่ 1
- 2.1.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 1997.03 % และ 168.61 %
  - 2.1.2) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 3023.2 % และ 762.6 %
  - 2.1.3) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 3587.65 % และ 1882.44 %
- 2.2) กรณีที่ 2
- 2.2.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 183.48 % และ 92.017 %
  - 2.2.2) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 902.85 % และ 1561.49 %
  - 2.2.3) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 1762.92 % และ 2576.49 %
- 2.3) กรณีที่ 3
- 2.3.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 1609.87 % และ 172.24 %
  - 2.3.2) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 980.66 % และ 930.61 %
  - 2.3.3) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 2503.19 % และ 1541.13 %
- 2.4) กรณีที่ 4
- 2.4.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 424.42 % และ 245.761 %
  - 2.4.2) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 930.61 % และ 1150.14 %
  - 2.4.3) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 2065.13 % และ 2696.66 %
- 2.5) กรณีที่ 5
- 2.5.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 2147.2 % และ 178.63 %
  - 2.5.2) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 3514.76 % และ 984.65 %
  - 2.5.3) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 3871.08 % และ 1306.56 %
- 2.6) กรณีที่ 6
- 2.6.1) IMM ให้ผลดีกว่า IMMTR อยู่ 372.87 % และ 236.73 %
  - 2.6.2) IMM ให้ผลดีกว่า EKF อยู่ 866.86 % และ 1089.78 %
  - 2.6.3) IMM ให้ผลดีกว่า MEKF อยู่ 1827.73 % และ 2510.13 %
- 3) ค่า SNR ที่สูง มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าค่า SNR ที่ต่ำ
- 4) ค่าความผิดพลาดในแนวแกน y มีค่ามากกว่าแนวแกน x

### 3.6.2 การแสดงผลการทดสอบในรูป Circular Error Probability

#### 3.6.2.1 กรณีที่ใช้เครื่องตรวจจับทิศทางแบบเคลื่อนที่

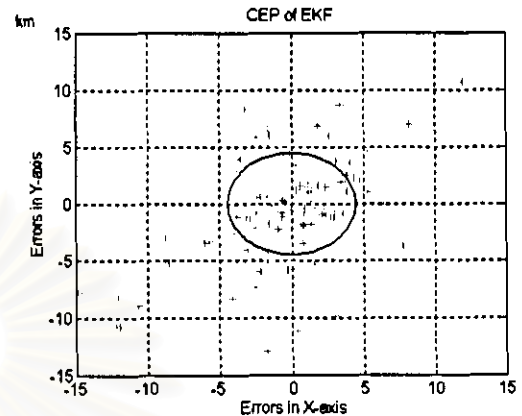
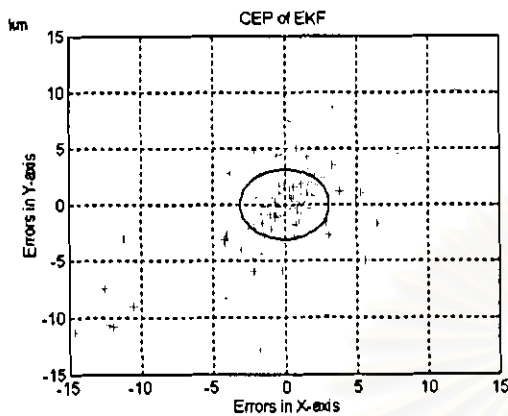
นอกจากการแสดงผลในรูป MSE แล้ว ผู้วิจัยจะได้นำเสนอรูปแบบการแสดงผลอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การแสดงผลในรูป CEP of 50% เพื่อให้เห็นลักษณะการกระจายของความคลาดเคลื่อนของแต่ละอัลกอริทึมที่ใช้กับเครื่องตรวจจับทิศทางแบบเคลื่อนที่ เมื่อมีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่เข้ามาต่างกัน ตั้งแต่ 10% ถึง 80% จากการวัด 10 ครั้ง ซึ่งการแสดงผลการทดสอบรูปแบบนี้ จะทำโดย

- 1) การนำค่าระยะทางจากจุดตำแหน่งจริงถึงจุดของตำแหน่งที่ทำได้มาจัดลำดับทั้งหมด 100 ค่า ที่มาจาก 100 Monte Carlo Run
- 2) ค่า CEP of 50% คือ การนำค่ากลางของค่าที่ 50-51 มาเป็นตัวกำหนดรัศมีของวงกลม ( $R$ ) โดยค่าที่น้อยกว่า CEP of 50% จะอยู่ในวงกลม ดังสมการที่  $R = \sqrt{(x_e - x_{opt})^2 + (y_e - y_{opt})^2}$  โดยที่  $R$  จะเป็นระยะทางจากแหล่งกำเนิดสัญญาณจริงจนถึงแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ประมาณได้

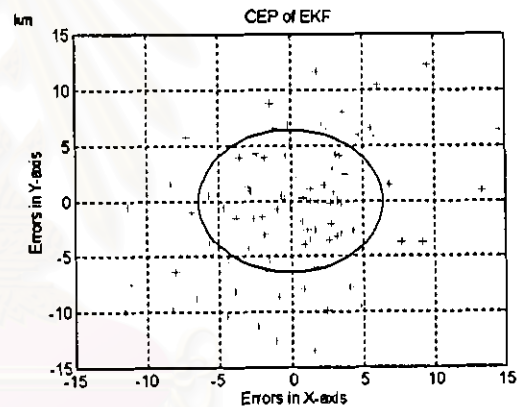
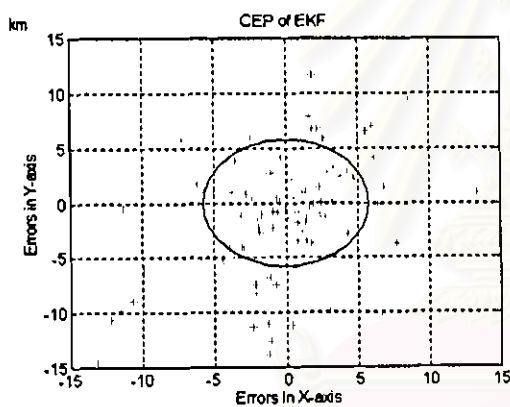
สำหรับการแสดงผลการทดสอบในรูป CEP 50% ในกรณีที่ใช้เครื่องตรวจจับทิศทางแบบเคลื่อนที่นี้ ผู้วิจัยจะนำเสนอถึงผลการทดสอบ โดยพิจารณากรณีทดสอบกรณีเดียวกันกับรูปแบบการทดสอบในรูป MSE นั่นคือ กรณีที่ 1 ที่ใช้การวัดจำนวน 10 ครั้ง แต่ในส่วนกลุ่มของปัญหานั้น ผู้วิจัยจะได้นำเสนอเฉพาะในกลุ่มปัญหาที่ 1 ( เลือกพิจารณากลุ่มปัญหานี้ เนื่องจากเป็นกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติ มากกว่าในกลุ่มปัญหาที่ 2 ) ซึ่งการเพิ่มปริมาณของสัญญาณรบกวนที่มีการแจกแจงแบบลาปลาซตั้งแต่ 10% ถึง 80 % และจะให้ปริมาณที่เพิ่มเข้ามา เพิ่มที่ละ 10 % ผลการทดสอบมีดังนี้คือ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ผลการทดสอบในรูปกราฟ CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 10%-80%



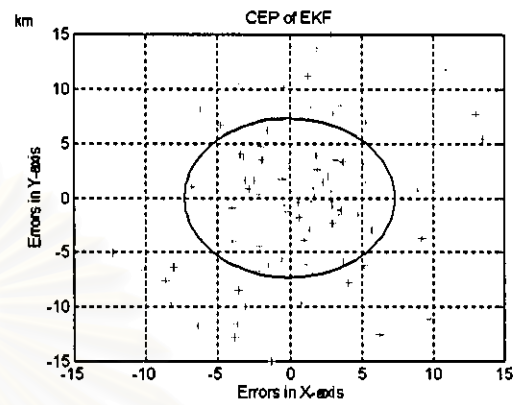
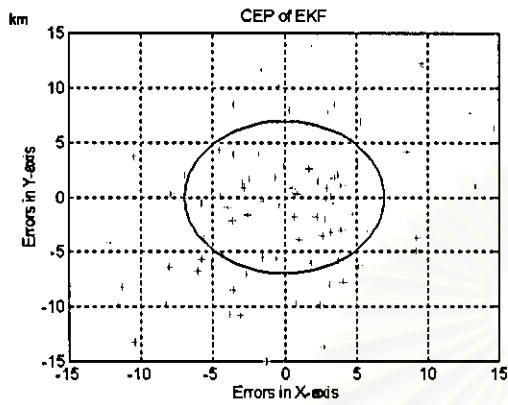
รูปที่ 3.109 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% และ 20%



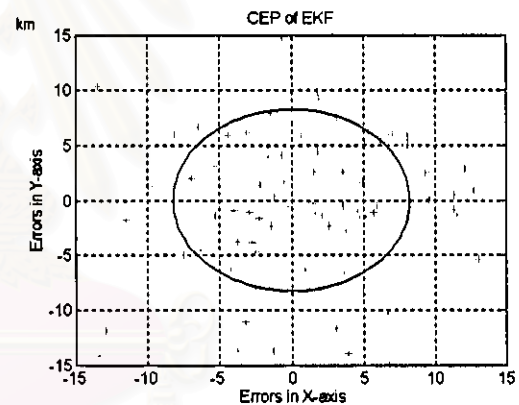
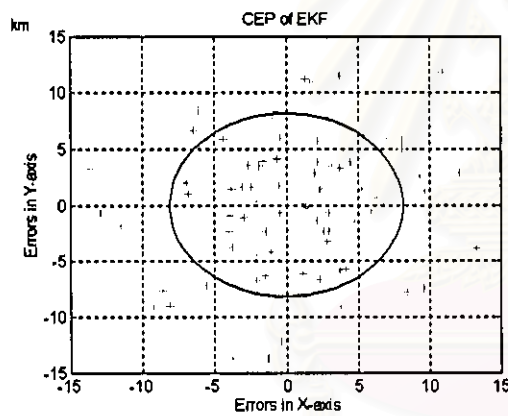
รูปที่ 3.110 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% และ 40%

จากรูปที่ 3.109 และ 3.110 ค่า CEP 50% ของ EKF มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 3.1014
- 2) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 4.4462
- 3) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 5.7540
- 4) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 6.4095



รูปที่ 3.111 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% และ 60%



รูปที่ 3.112 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% และ 80%

จากรูปที่ 3.111 และ 3.112 ค่า CEP 50% ของ EKF มีดังนี้คือ

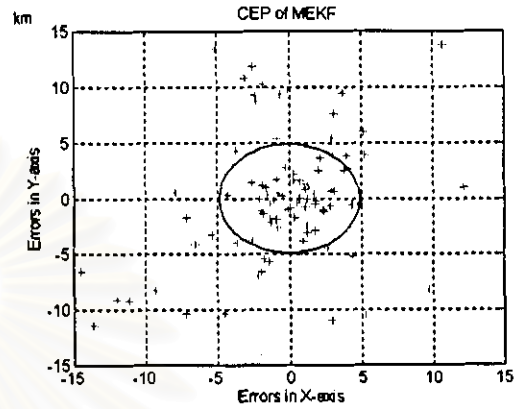
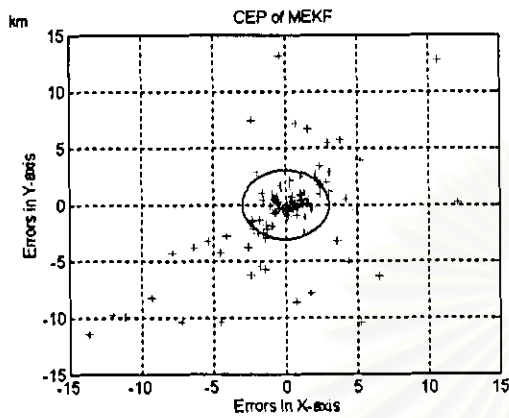
5) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 6.9466

6) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 7.3051

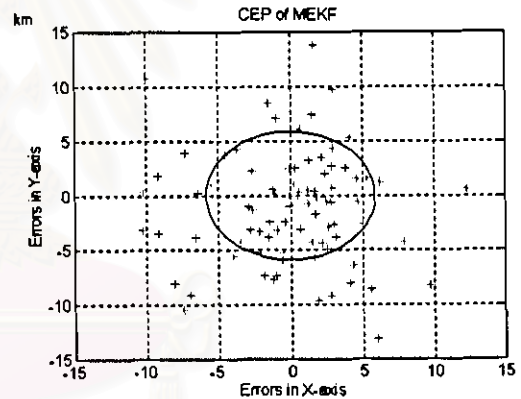
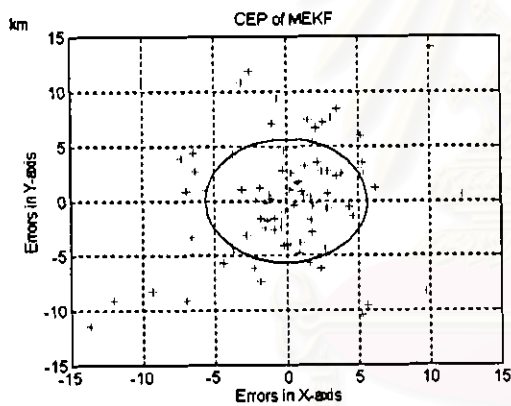
7) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 8.1335

8) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 8.2388

- ผลการทดสอบในรูปกราฟ CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 10%-80%



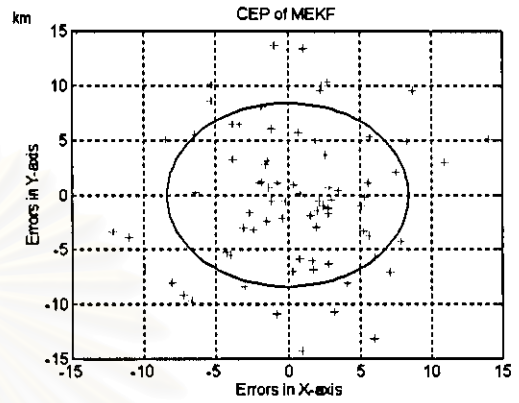
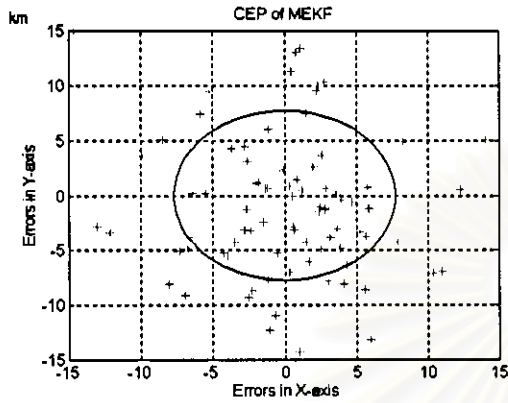
รูปที่ 3.113 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% และ 20%



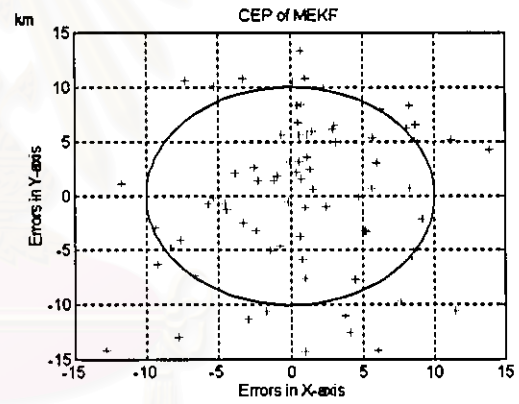
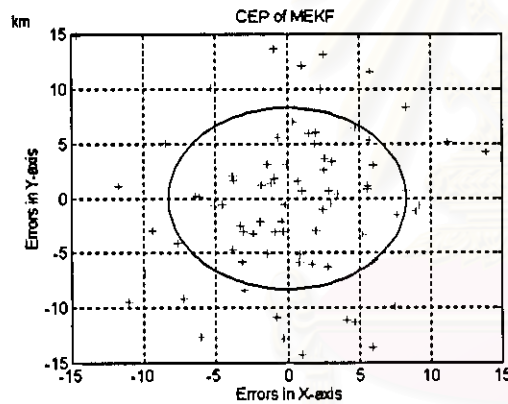
รูปที่ 3.114 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% และ 40%

จากรูปที่ 3.113 และ 3.114 ค่า CEP 50% ของ MEKF มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 3.0240
- 2) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 4.8713
- 3) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 5.6286
- 4) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 5.8827



รูปที่ 3.115 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% และ 60%



รูปที่ 3.116 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% และ 80%

จากรูปที่ 3.115 และ 3.116 ค่า CEP 50% ของ MEKF มีดังนี้คือ

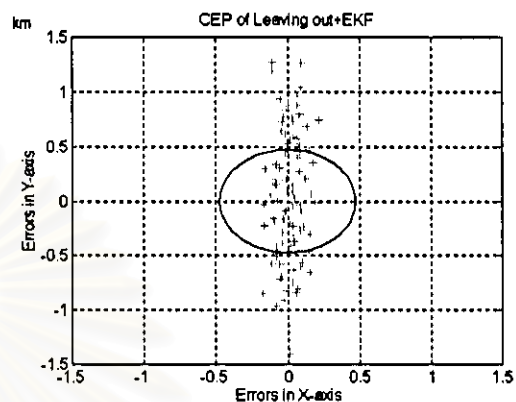
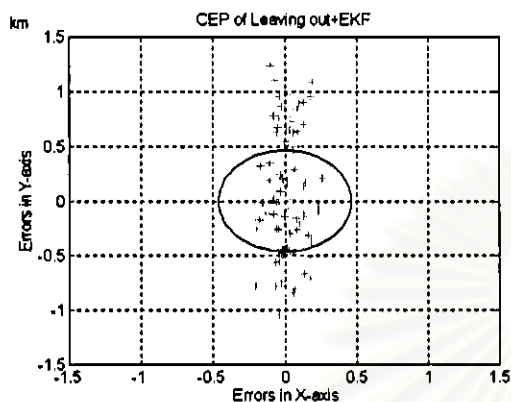
5) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 7.7171

6) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 8.2973

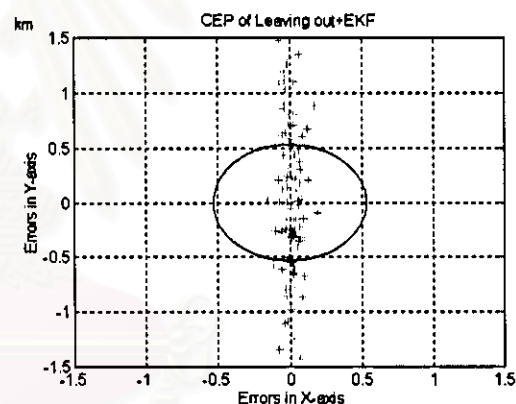
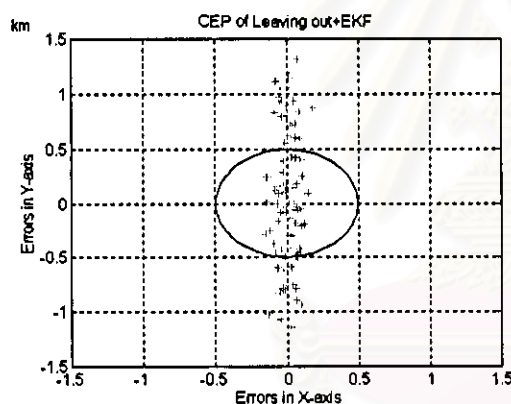
7) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 8.3954

8) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 10.0354

- ผลการทดสอบในรูปภาพ CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 10%-80%



รูปที่ 3.117 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% และ 20%

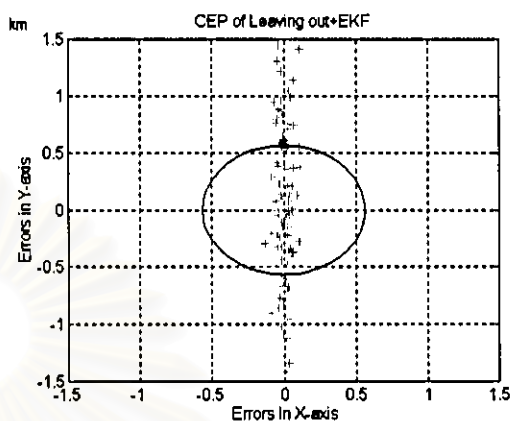
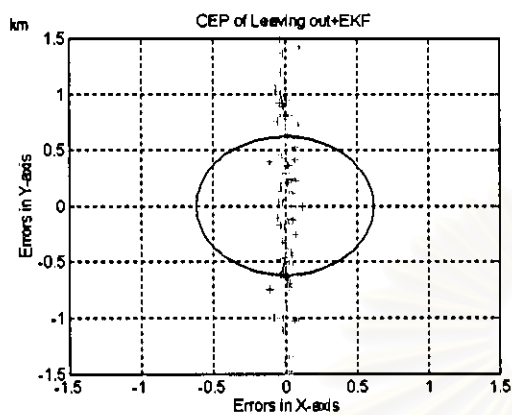


รูปที่ 3.118 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% และ 40%

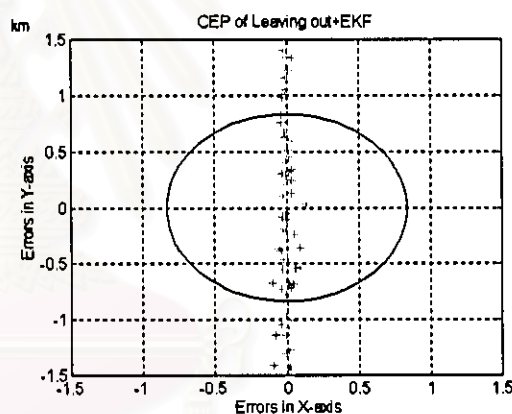
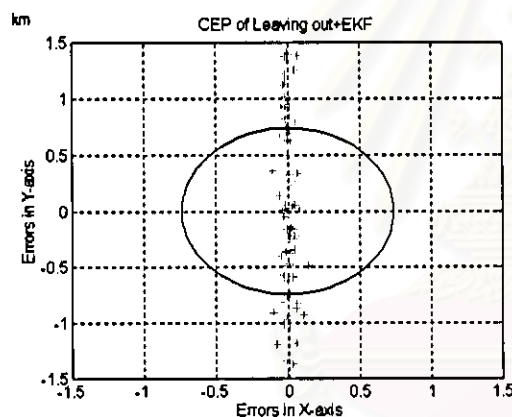
จากรูปที่ 3.117 และ 3.118 ค่า CEP 50% ของ LEKF มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 0.4620
- 2) CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 0.4715
- 3) CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 0.4946
- 4) CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 0.5309





รูปที่ 3.119 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% และ 60%



รูปที่ 3.120 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% และ 80%

จากรูปที่ 3.119 และ 3.120 ค่า CEP 50% ของ LEKF มีดังนี้คือ

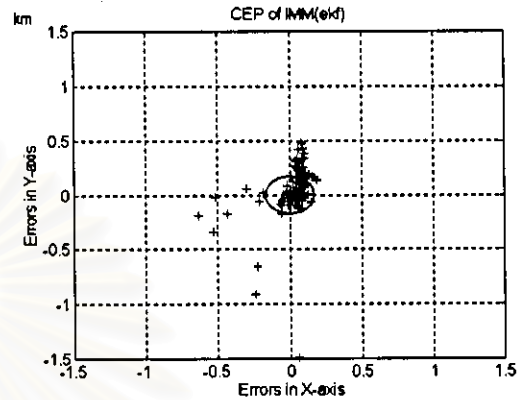
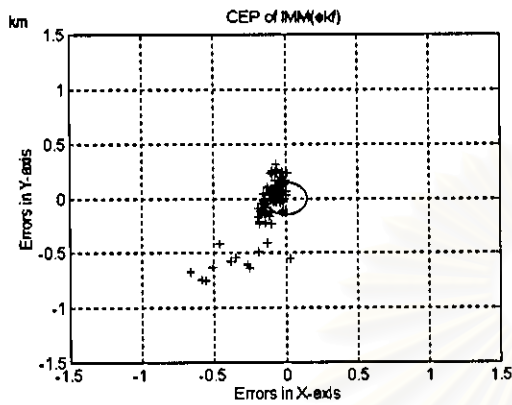
5) CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 0.5633

6) CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 0.6175

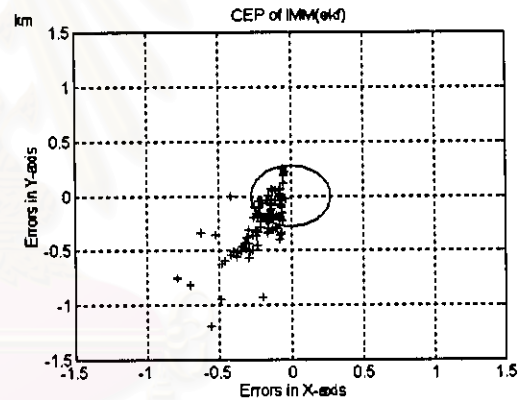
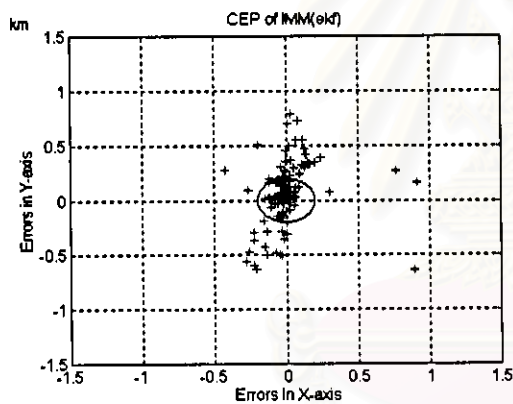
7) CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 0.7378

8) CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 0.8347

- ผลการทดสอบในรูปภาพ CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 10%-80%



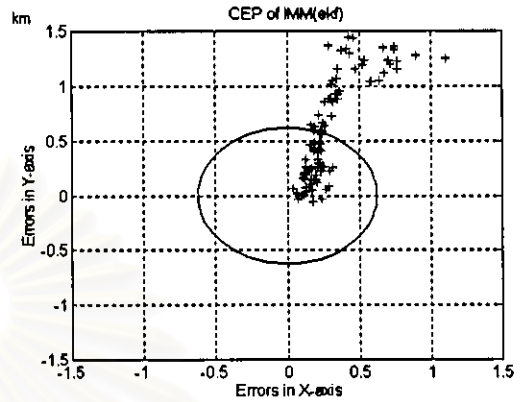
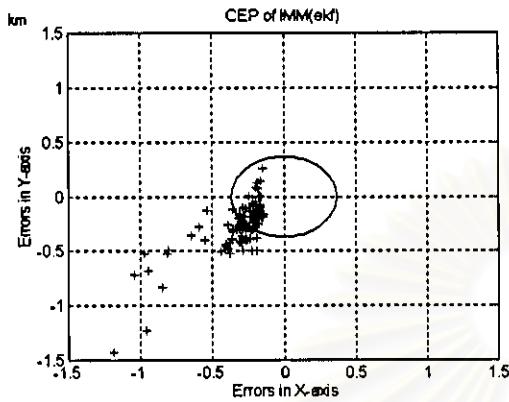
รูปที่ 3.121 ค่าความคลาดเคลื่อนรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 10% และ 20%



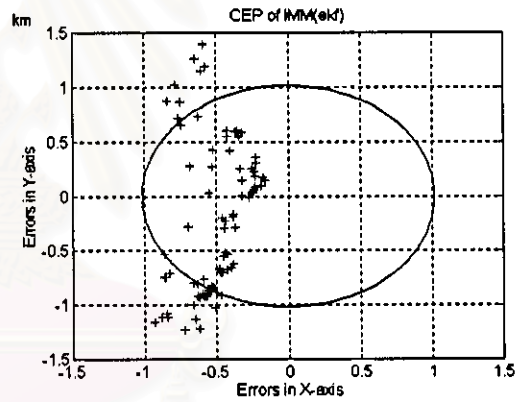
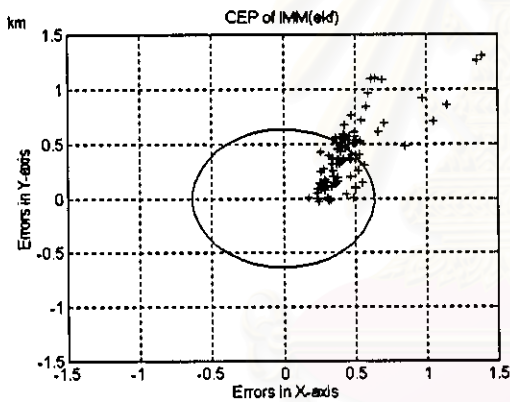
รูปที่ 3.122 ค่าความคลาดเคลื่อนรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 30% และ 40%

จากรูปที่ 3.121 และ 3.122 ค่า CEP 50% ของ IMM(EKF) มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 0.1473
- 2) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 0.1689
- 3) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 0.1990
- 4) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 0.2765



รูปที่ 3.123 ค่าความคลาดเคลื่อนรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 50% และ 60%

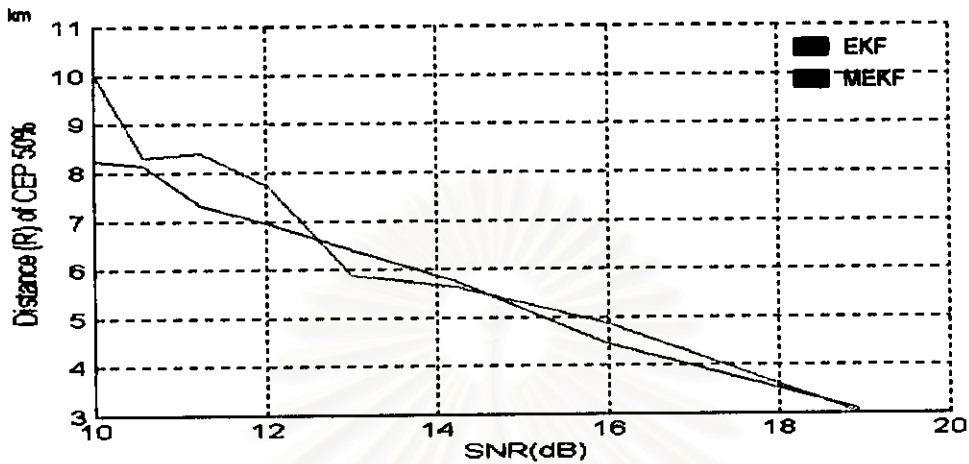


รูปที่ 3.124 ค่าความคลาดเคลื่อนรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 70% และ 80%

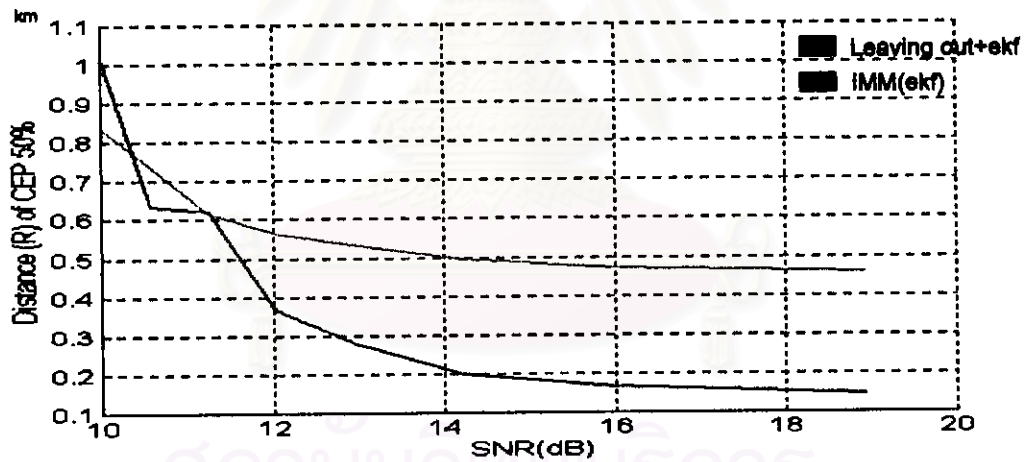
จากรูปที่ 3.123 และ 3.124 ค่า CEP 50% ของ IMM(EKF) มีดังนี้คือ

- 5) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 0.3681
- 6) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 0.6217
- 7) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 0.6334
- 8) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 1.0162

- กราฟสรุปผลการทดสอบในรูป CEP 50% ของแต่ละอัลกอริทึม เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 10-19 dB



รูปที่ 3.125 กราฟสรุปผลการทดสอบในรูป CEP 50% ของ EKF และ MEKF  
เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 10%-80%



รูปที่ 3.126 กราฟสรุปผลการทดสอบในรูป CEP 50% ของ Leaving out+EKF และ IMM(EKF)  
เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 10%-80%

ตารางที่ 3.54 สรุปค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของแต่ละอัลกอริทึม  
เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 10%-80%

SNR (dB)	EKF (km)	MEKF (km)	LEKF (km)	IMM (km)	SNR (dB)	EKF (km)	MEKF (km)	LEKF (km)	IMM (km)
9.9973	8.2388	10.0354	0.8347	1.0162	12.9944	6.4096	5.8827	0.5309	0.2765
10.5754	8.1336	8.2973	0.7378	0.6334	14.2349	5.7540	5.6286	0.4946	0.1990
11.2423	7.3051	8.3964	0.6175	0.6217	15.9782	4.4462	4.8713	0.4715	0.1689
12.0306	6.9466	7.7171	0.5633	0.3681	18.9362	3.1014	3.0240	0.4620	0.1473

### ผลการทดสอบโดยรวมในรูป CEP 50% ของแต่ละอัลกอริทึม เมื่อมี Laplacian Noise 10%-80%

จากผลการทดสอบที่แสดงในรูป CEP 50% ของอัลกอริทึม EKF, MEKF, Leaving out+EKF และ IMM(EKF) ในรูปกราฟที่ 3.109 จนถึง รูปกราฟที่ 3.124 ได้ผลว่า

- สำหรับทุกอัลกอริทึม เมื่อปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เข้ามามากขึ้น รัศมีของวงกลมก็จะกว้างขึ้นหรือระยะทางจากแหล่งกำเนิดสัญญาณจริงถึงแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ประมาณได้จะห่างกันมากขึ้น
- ค่าความคลาดเคลื่อน ในแกน x และ y ของ EKF และ MEKF จะมีมากกว่า Leaving out+EKF และ IMM(EKF)

ส่วนกราฟสรุปผลการทดสอบในรูป CEP 50% ของแต่ละอัลกอริทึม ในรูปที่ 3.125 และ รูปที่ 3.126 จะเป็นการนำค่ากลางของ CEP 50% ที่มีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่เข้ามาในปริมาณต่างๆกัน ตั้งแต่ 10% ถึง 80% มาพล็อตรวม แล้วดูค่าระยะทางที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับค่า SNR ของระบบ ซึ่งได้ผลว่า

- เมื่อค่า SNR มีค่ามาก ระยะทางจากแหล่งกำเนิดสัญญาณจริงจนถึงแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ประมาณได้จะห่างกันน้อย ส่วนในทางกลับกัน เมื่อค่า SNR มีค่าน้อย ระยะทางจากแหล่งกำเนิดสัญญาณจริงจนถึงแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ประมาณได้จะห่างกันมาก

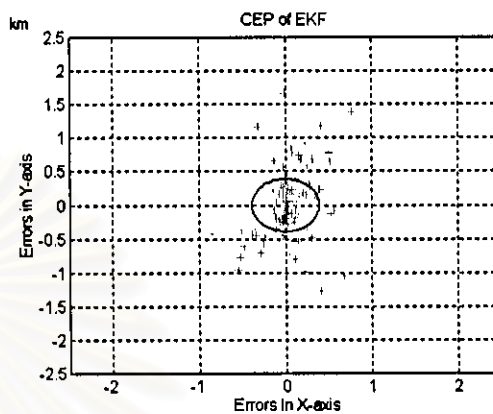
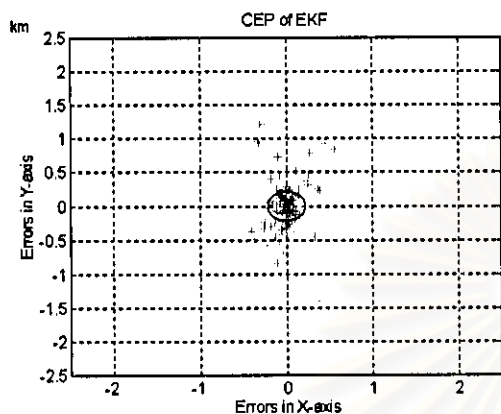
### 3.6.2.2 กรณีที่ใช้เครื่องด้กรับหาทิศแบบอยู่กับที่

การแสดงผลในรูปของ CEP of 50% ในกรณีที่ใช้เครื่องด้กรับหาทิศแบบอยู่กับที่นั้นก็จะเหมือนกับกรณีที่ใช้เครื่องด้กรับหาทิศแบบเคลื่อนที่ นั่นคือ จะนำค่าระยะทางจากจุดของตำแหน่งจริงถึงจุดของตำแหน่งที่ได้มาจัดลำดับทั้งหมด 100 ค่า (100 Monte Carlo Run) และนำค่ากลางของค่าที่ 50-51 มาเป็นตัวกำหนดรัศมีของวงกลม ( $R$ ) โดยค่าที่น้อยกว่า CEP of 50% จะอยู่ภายในวงกลม

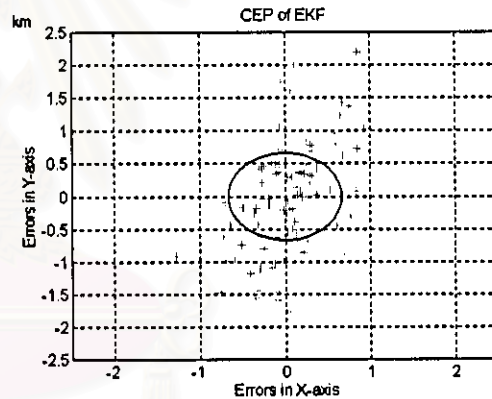
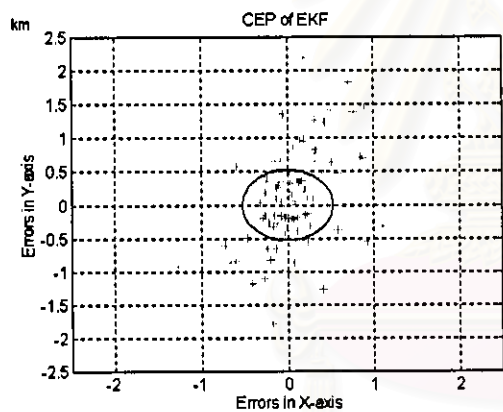
ตามที่กล่าวมา ในกรณีที่ใช้เครื่องด้กรับหาทิศแบบอยู่กับที่นั้น การแสดงผลการทดสอบในรูป MSE จะมีกรณีที่ใช้ทดสอบอยู่ 6 กรณี แต่สำหรับในเรื่องของการทดสอบที่ผู้วิจัยจะได้เลือกมาเสนอการแสดงผลการทดสอบในรูป CEP 50% นั้น ผู้วิจัยจะพิจารณาเลือกกรณีที่ใช้ทดสอบในกรณีเดียวตามงานวิจัยเดิมของ พ.ต.สุรเดช นั่นคือ กรณีที่ 3 ที่ใช้การวัดจำนวน 40 ครั้ง และในส่วนกลุ่มของปัญหา ผู้วิจัยจะได้นำเสนอเฉพาะกลุ่มปัญหาที่ 1 ที่เพิ่มปริมาณของสัญญาณรบกวนที่มีการกระจายแบบลาปลาซตั้งแต่ 5% - 90% และจะให้ปริมาณที่เพิ่มเข้ามาเพิ่มทีละ 5% ผลการทดสอบมีดังนี้คือ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ผลการทดสอบในรูปกราฟ CEP 50% ของ EKF ในกรณีที่ 3  
เมื่อมี Laplacian Noise 5%-90%



รูปที่ 3.127 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 5% และ 10%

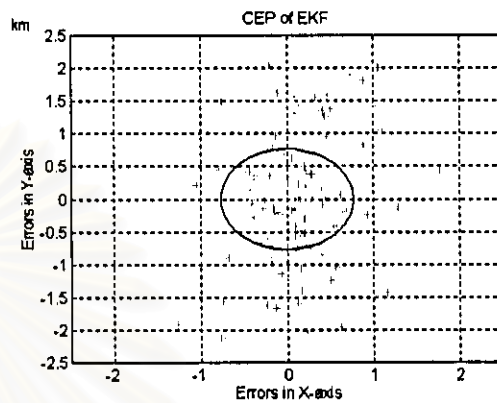
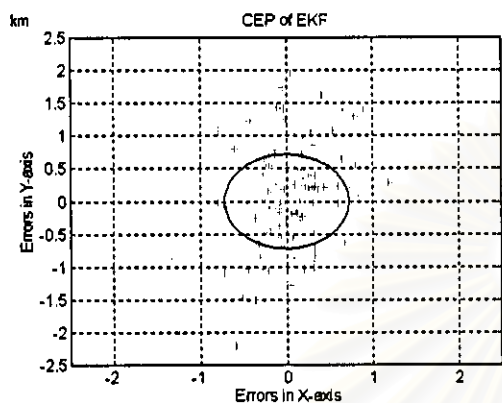


รูปที่ 3.128 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 15% และ 20%

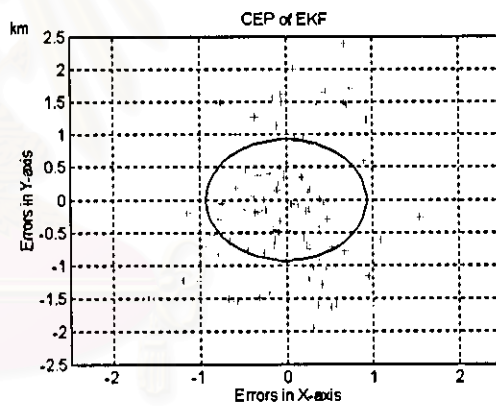
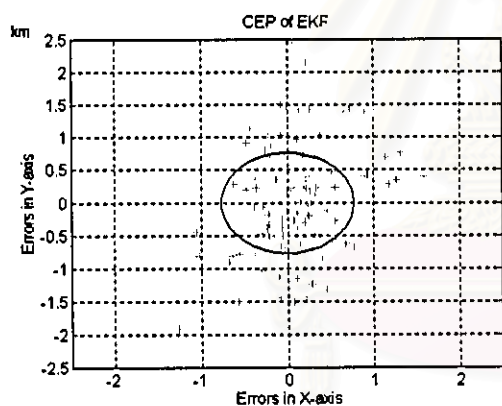
จากรูปที่ 3.127 และ 3.128 ค่า CEP 50% ของ EKF มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 5% คือ 0.2170
- 2) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 0.3889
- 3) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 15% คือ 0.5256
- 4) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 0.6643





รูปที่ 3.129 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 25% และ 30%



รูปที่ 3.130 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 35% และ 40%

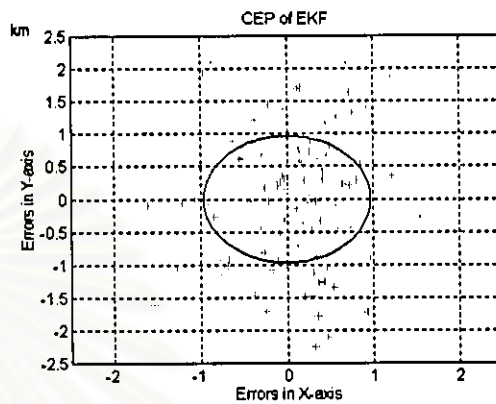
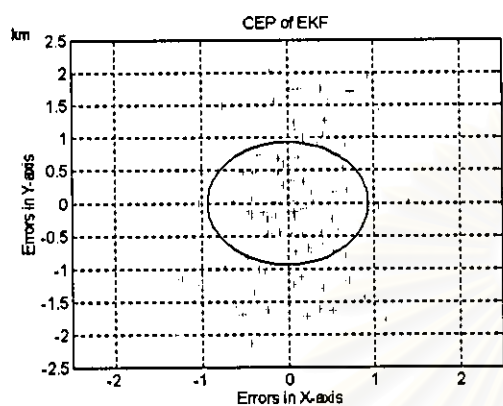
จากรูปที่ 3.129 และ 3.130 ค่า CEP 50% ของ EKF มีดังนี้คือ

5) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 25% คือ 0.7198

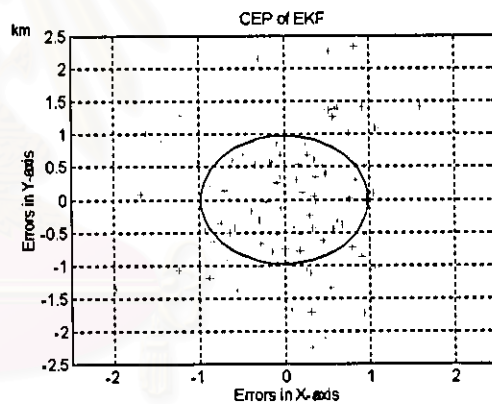
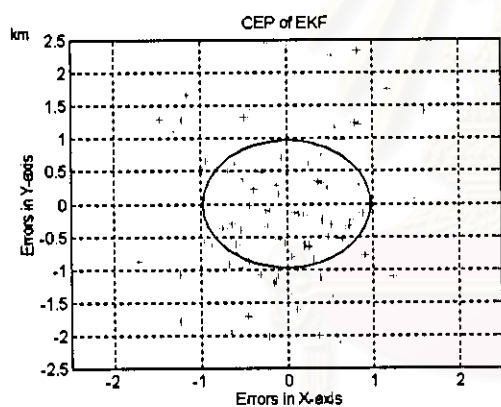
6) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 0.7673

7) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 35% คือ 0.7674

8) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 0.9275



รูปที่ 3.131 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 45% และ 50%



รูปที่ 3.132 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 55% และ 60%

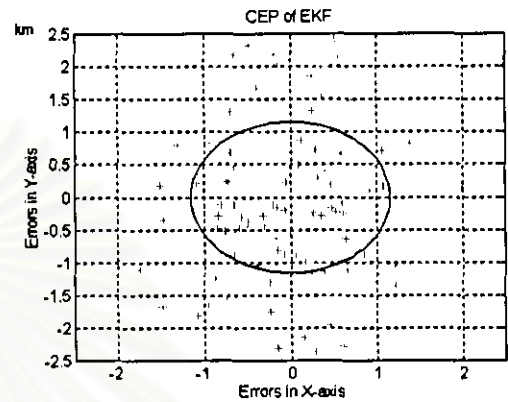
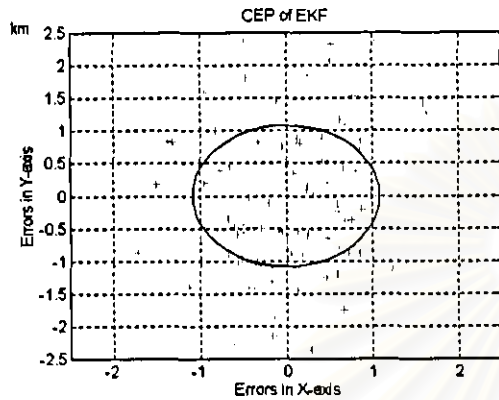
จากรูปที่ 3.131 และ 3.132 ค่า CEP 50% ของ EKF มีดังนี้คือ

9) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 45% คือ 0.9352

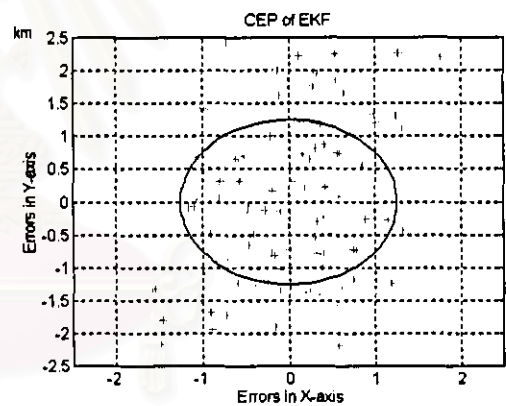
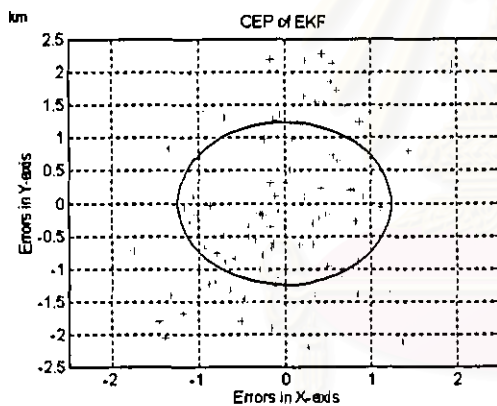
10) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 0.9672

11) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 55% คือ 0.9719

12) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 0.9800



รูปที่ 3.133 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 65% และ 70%



รูปที่ 3.134 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 75% และ 80%

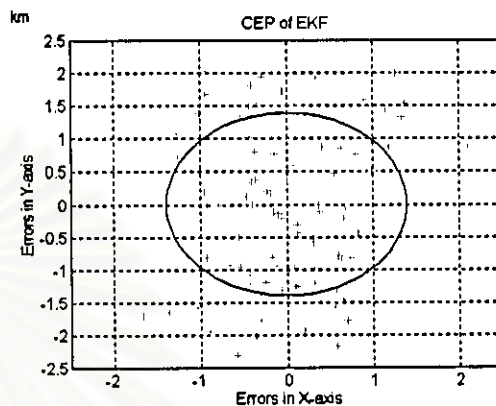
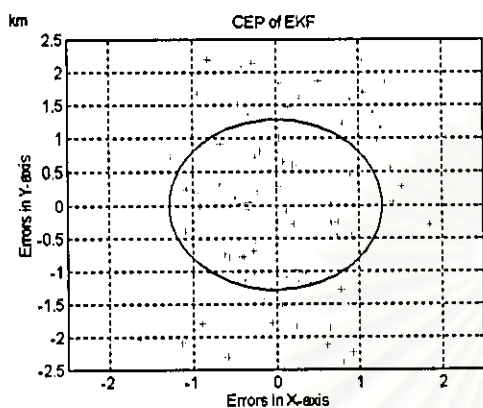
จากรูปที่ 3.133 และ 3.134 ค่า CEP 50% ของ EKF มีดังนี้คือ

13) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 65% คือ 1.0841

14) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 1.1541

15) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 75% คือ 1.2396

16) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 1.2533



รูปที่ 3.135 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 85% และ 90%

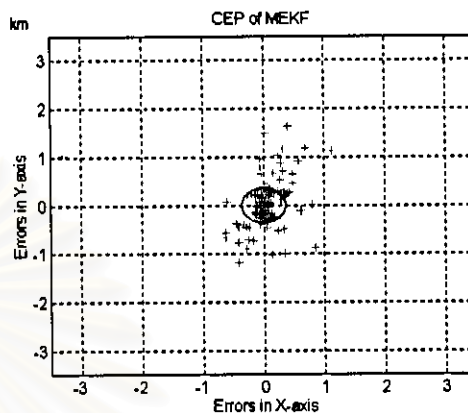
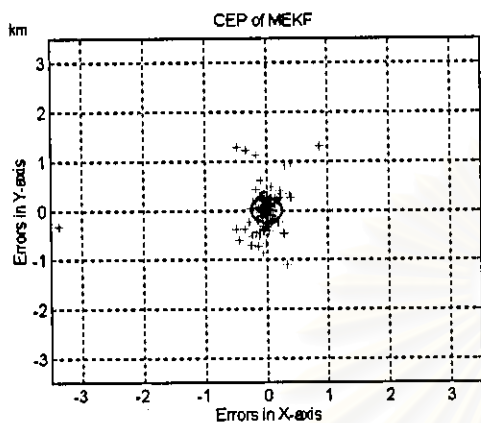
จากรูปที่ 3.135 ค่า CEP 50% ของ EKF มีดังนี้คือ

17) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 85% คือ 1.2805

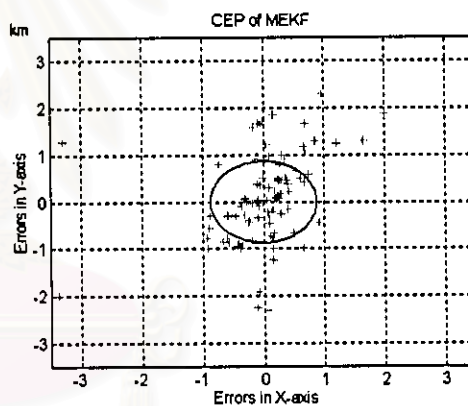
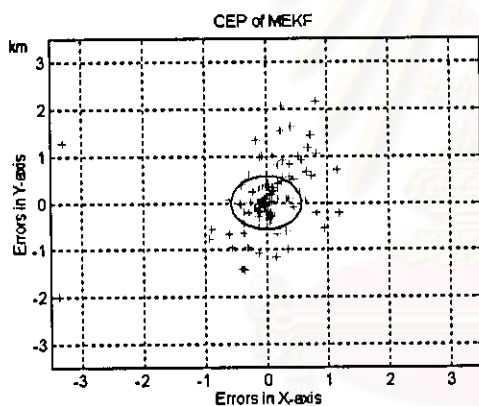
18) CEP 50% ของ EKF เมื่อมี Laplacian Noise 90% คือ 1.3925

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ผลการทดสอบในรูปกราฟ CEP 50% ของ MEKF ในกรณีที่ 3**  
**เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90%**



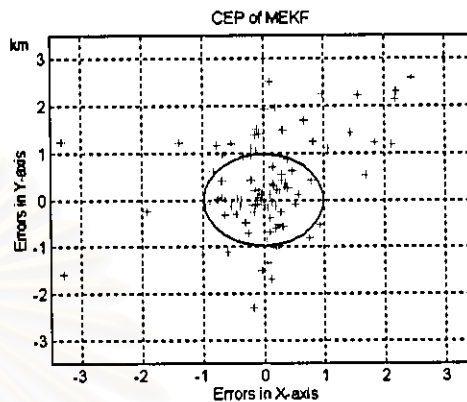
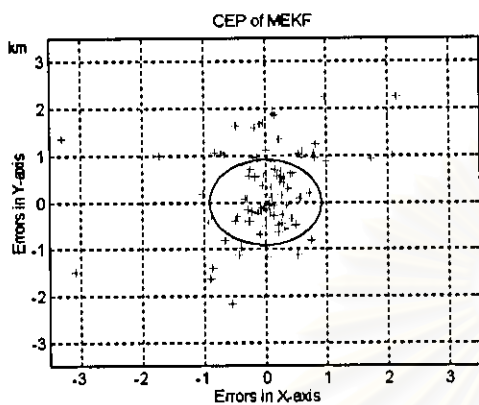
รูปที่ 3.136 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 5% และ 10%



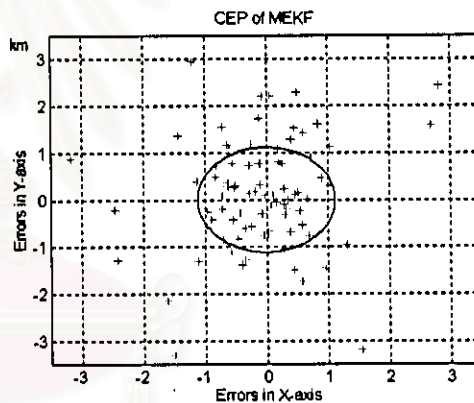
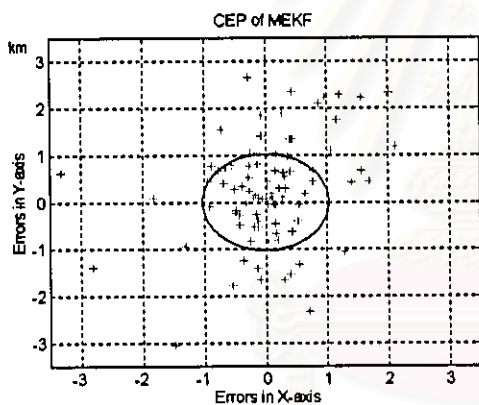
รูปที่ 3.137 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 15% และ 20%

จากรูปที่ 3.136 และ 3.137 ค่า CEP 50% ของ MEKF มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 5% คือ 0.2509
- 2) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 0.3587
- 3) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 15% คือ 0.5726
- 4) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 0.8704



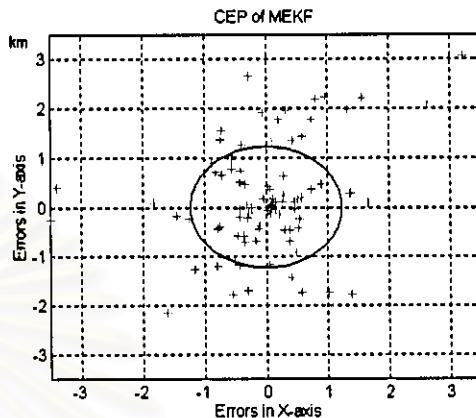
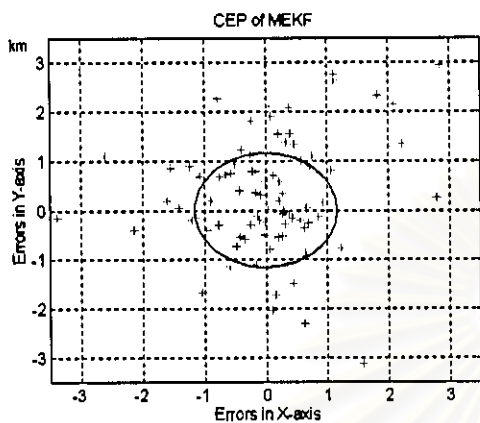
รูปที่ 3.138 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 25% และ 30%



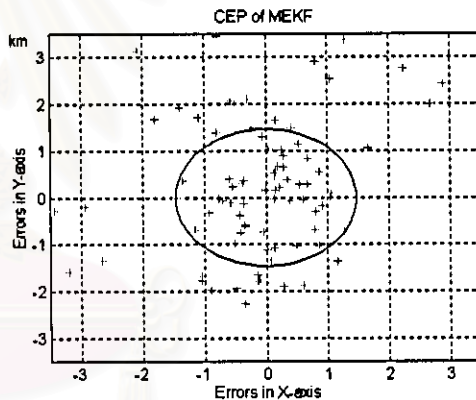
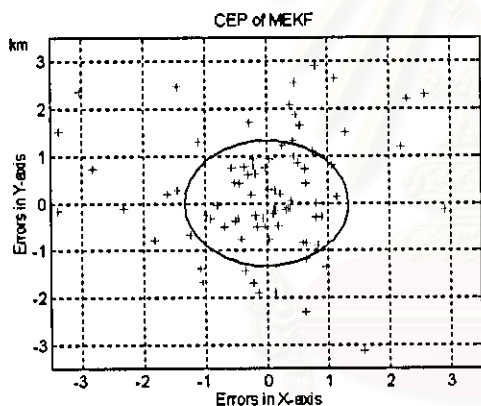
รูปที่ 3.139 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 35% และ 40%

จากรูปที่ 3.138 และ 3.139 ค่า CEP 50% ของ MEKF มีดังนี้คือ

- 5) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 25% คือ 0.9093
- 6) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 0.9789
- 7) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 35% คือ 1.0264
- 8) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 1.1136



รูปที่ 3.140 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 45% และ 50%



รูปที่ 3.141 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 55% และ 60%

จากรูปที่ 3.140 และ 3.141 ค่า CEP 50% ของ MEKF มีดังนี้คือ

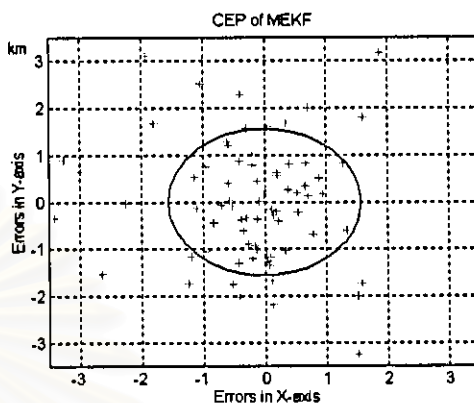
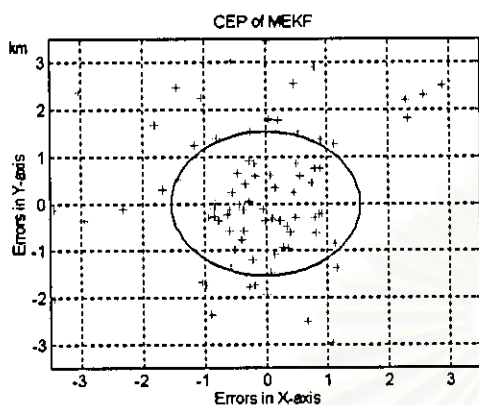
9) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 45% คือ 1.1549

10) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 1.2265

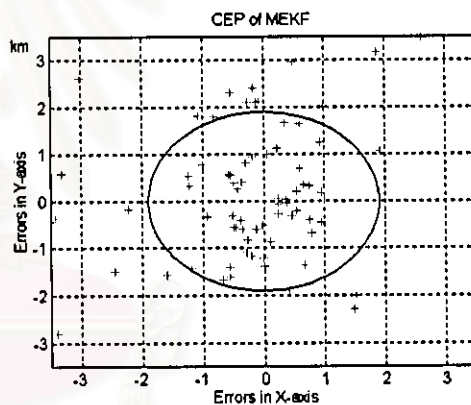
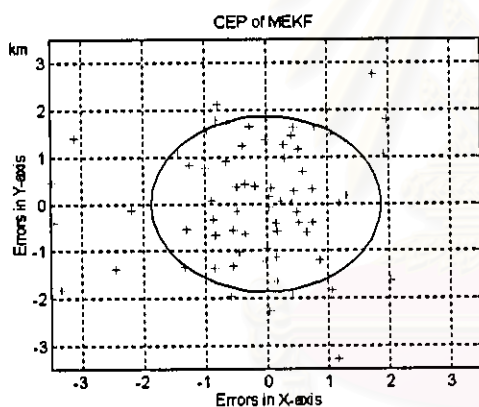
11) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 55% คือ 1.3275

12) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 1.4633





รูปที่ 3.142 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 65% และ 70%



รูปที่ 3.143 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 75% และ 80%

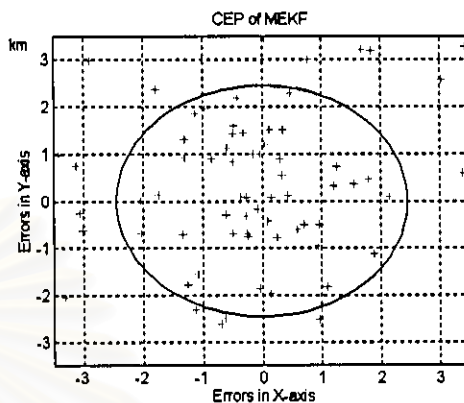
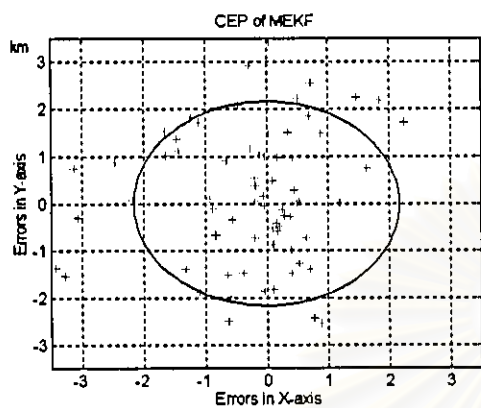
จากรูปที่ 3.142 และ 3.143 ค่า CEP 50% ของ MEKF มีดังนี้คือ

13) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 65% คือ 1.5350

14) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 1.5579

15) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 75% คือ 1.8672

16) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 1.8976



รูปที่ 3.144 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 85% และ 90%

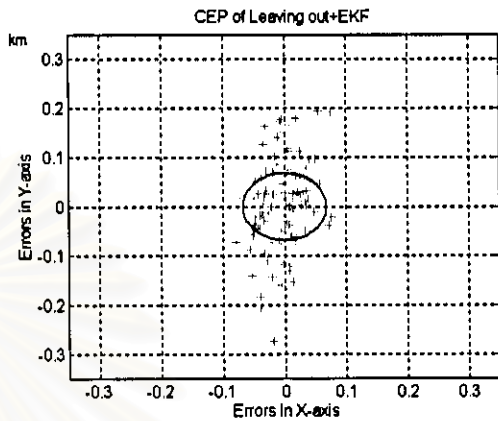
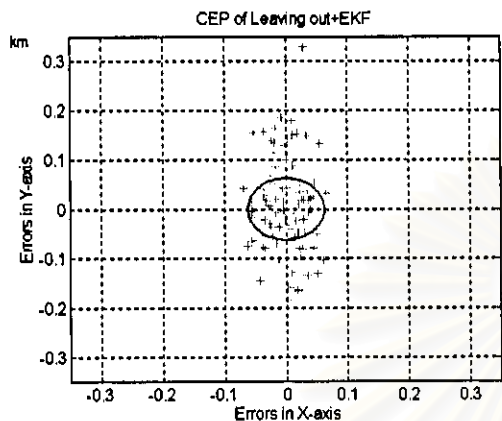
จากรูปที่ 3.144 ค่า CEP 50% ของ MEKF มีดังนี้คือ

17) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 85% คือ 2.1600

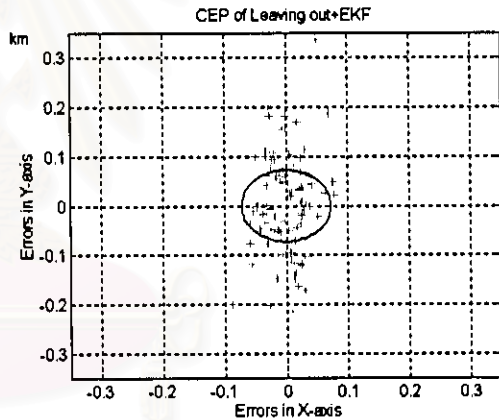
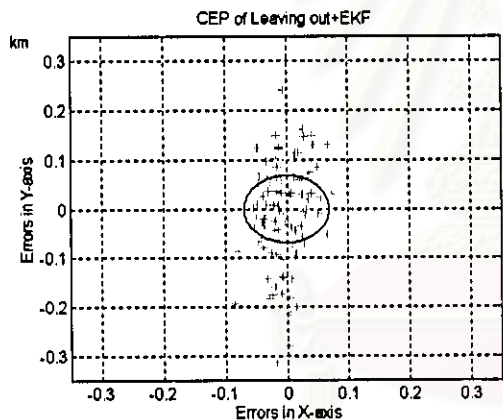
18) CEP 50% ของ MEKF เมื่อมี Laplacian Noise 90% คือ 2.4508

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ผลการทดสอบในรูปกราฟ CEP 50% ของ Leaving out+EKF ในกรณีที่ 3  
 เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90%



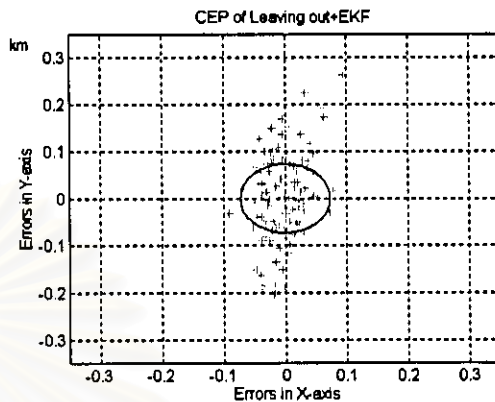
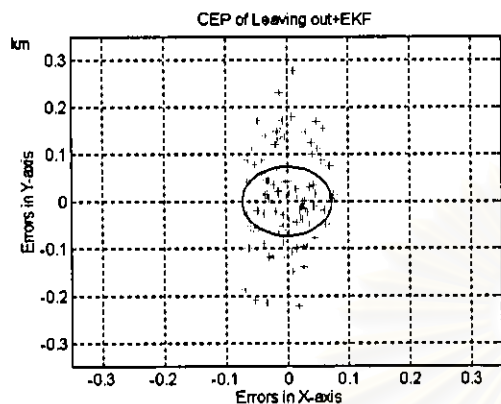
รูปที่ 3.145 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 5% และ 10%



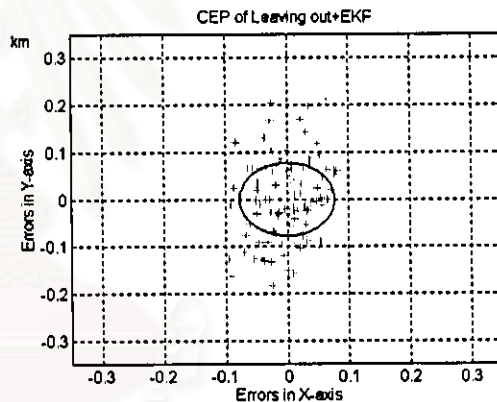
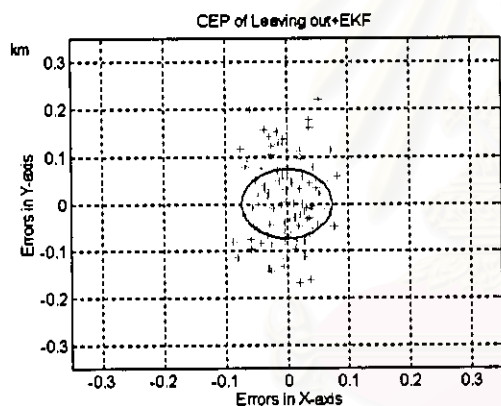
รูปที่ 3.146 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 15% และ 20%

จากรูปที่ 3.145 และ 3.146 ค่า CEP 50% ของ Leaving out+EKF มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 5% คือ 0.0620
- 2) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 0.0678
- 3) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 15% คือ 0.0689
- 4) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 0.0724



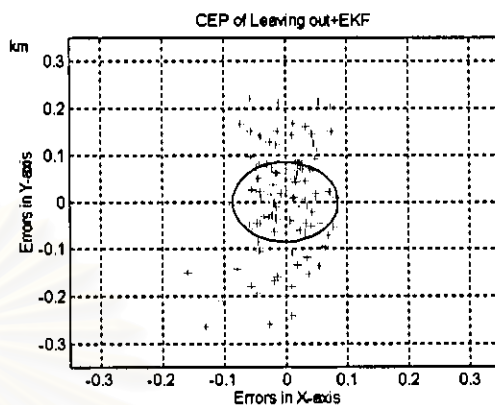
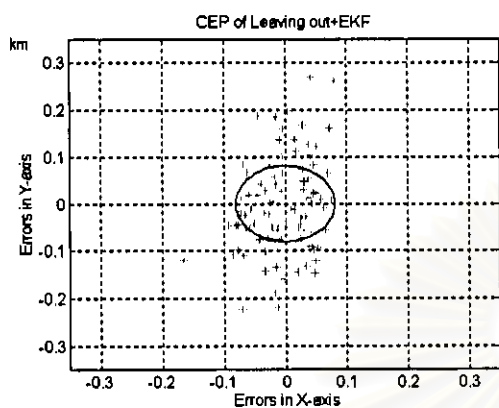
รูปที่ 3.147 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 25% และ 30%



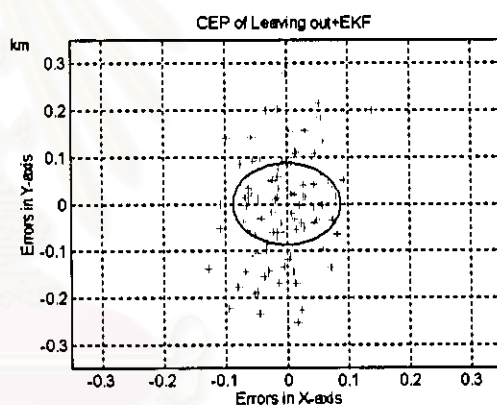
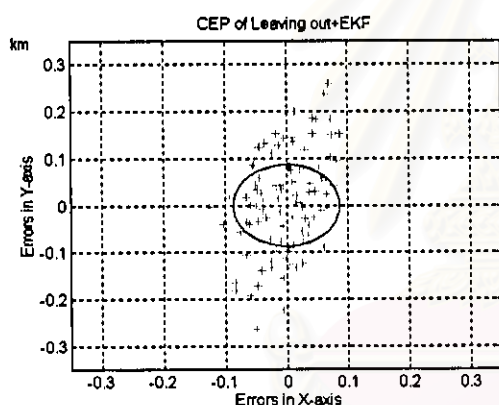
รูปที่ 3.148 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 35% และ 40%

จากรูปที่ 3.147 และ 3.148 ค่า CEP 50% ของ Leaving out+EKF มีดังนี้คือ

- 5) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 25% คือ 0.0726
- 6) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 0.0727
- 7) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 35% คือ 0.0732
- 8) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 0.0772



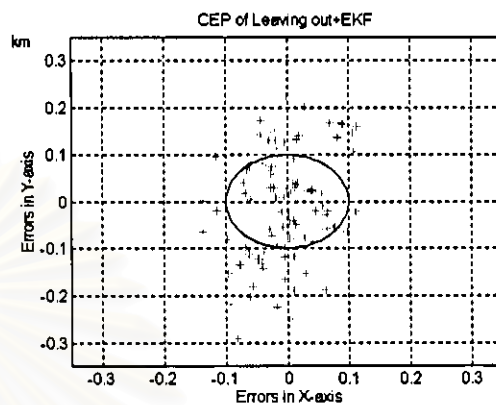
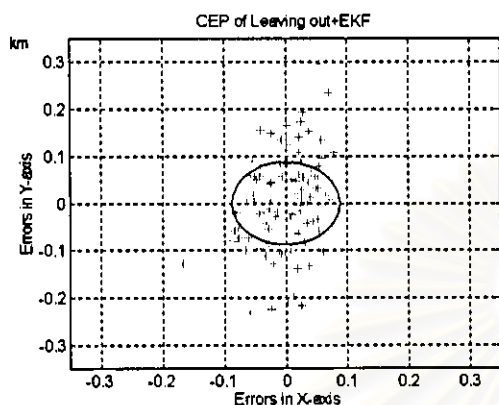
รูปที่ 3.149 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 45% และ 50%



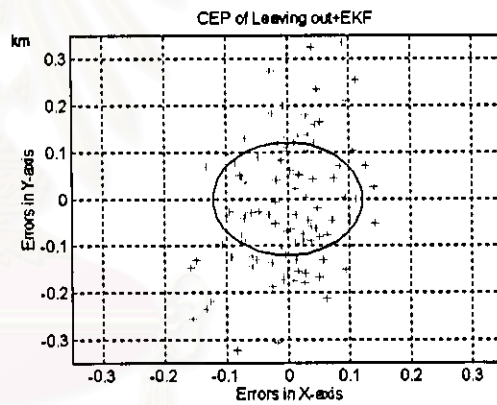
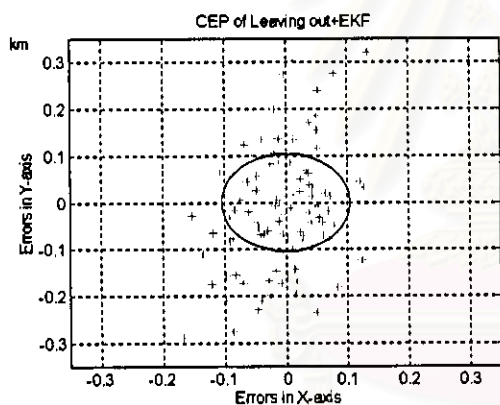
รูปที่ 3.150 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 55% และ 60%

จากรูปที่ 3.149 และ 3.150 ค่า CEP 50% ของ Leaving out+EKF มีดังนี้คือ

- 9) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 45% คือ 0.0804
- 10) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 0.0855
- 11) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 55% คือ 0.0868
- 12) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 0.0871



รูปที่ 3.151 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 65% และ 70%



รูปที่ 3.152 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 75% และ 80%

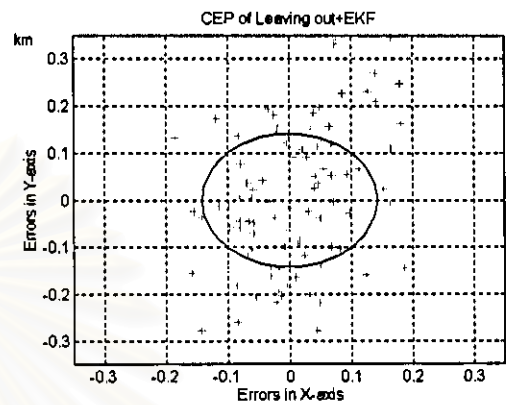
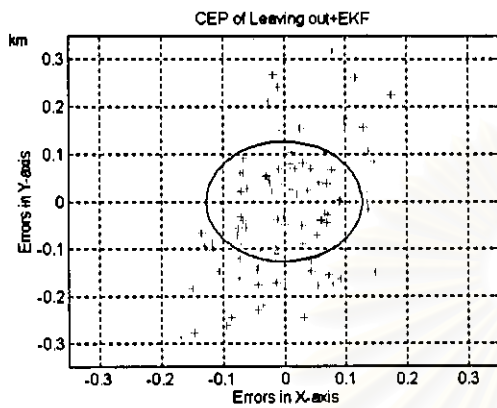
จากรูปที่ 3.151 และ 3.152 ค่า CEP 50% ของ Leaving out+EKF มีดังนี้คือ

13) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 65% คือ 0.0875

14) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 0.0992

15) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 75% คือ 0.1042

16) CEP 50% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 0.1206



รูปที่ 3.153 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ LEKF เมื่อมี Laplacian Noise 85% และ 90%

จากรูปที่ 3.153 ค่า CEP 50% ของ Leaving out+EKF มีดังนี้คือ

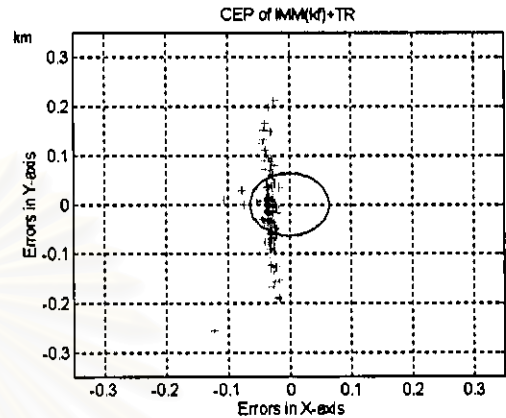
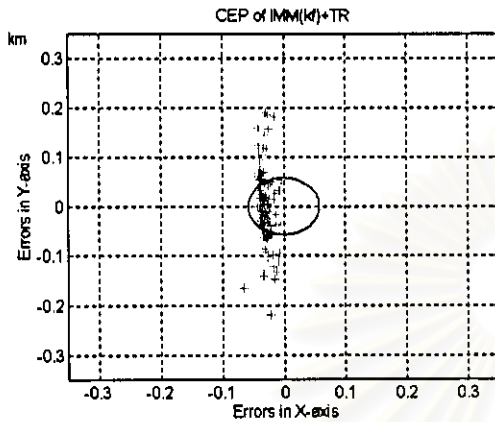
17) CEP 85% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 85% คือ 0.1266

18) CEP 90% ของ Leaving out+EKF เมื่อมี Laplacian Noise 90% คือ 0.1415

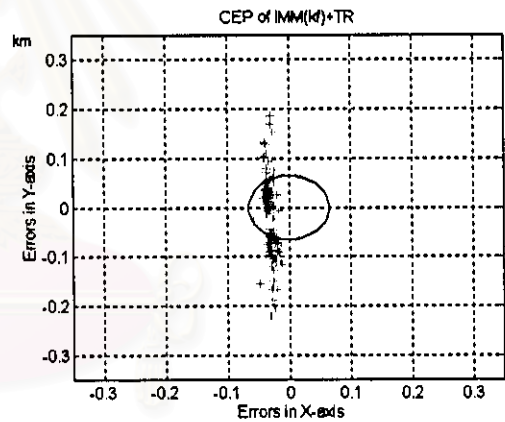
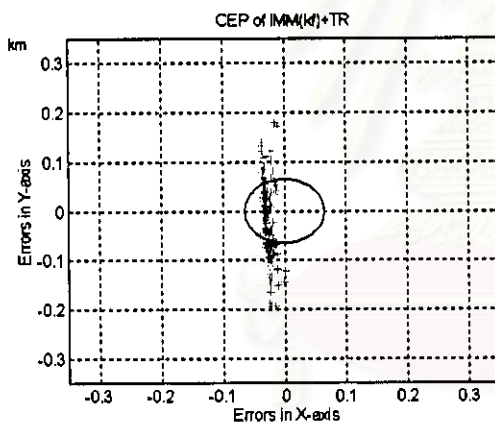
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



- ผลการทดสอบในรูปกราฟ CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ในกรณีที่ 3  
เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90%



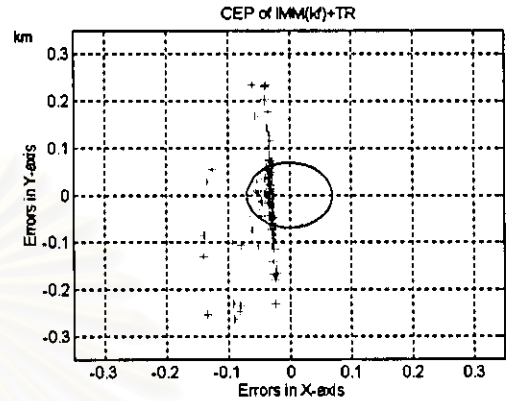
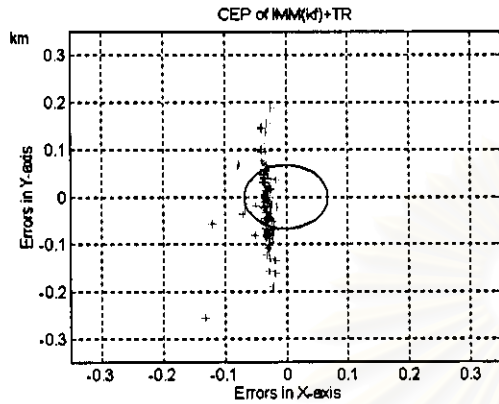
รูปที่ 3.154 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 5% , 10%



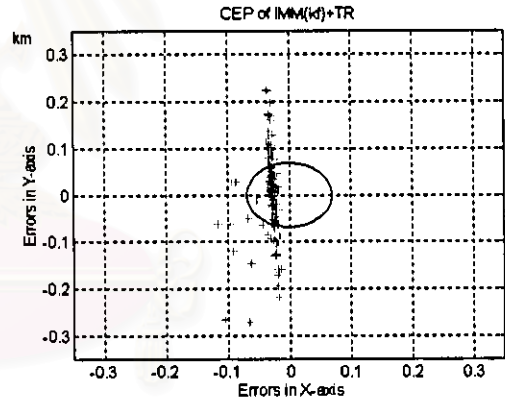
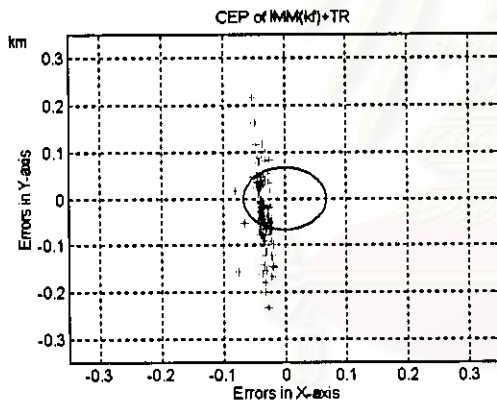
รูปที่ 3.155 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 15% , 20%

จากรูปที่ 3.154 และ 3.155 ค่า CEP 50% ของ IMM(KF)+TR มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 5% คือ 0.0565
- 2) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 0.0606
- 3) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 15% คือ 0.0610
- 4) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 0.0646



รูปที่ 3.156 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 25% , 30%



รูปที่ 3.157 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 35% , 40%

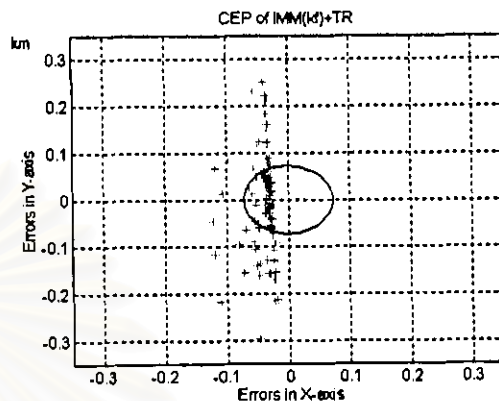
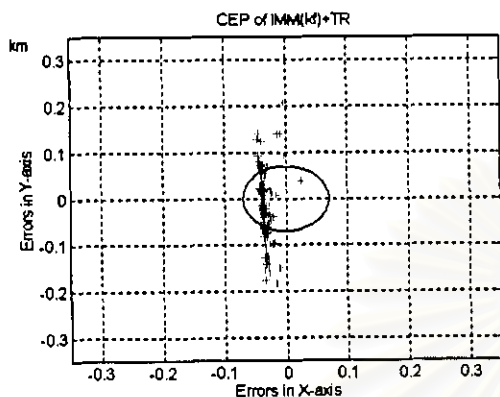
จากรูปที่ 3.156 และ 3.157 ค่า CEP 50% ของ IMM(KF)+TR มีดังนี้คือ

5) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 25% คือ 0.0650

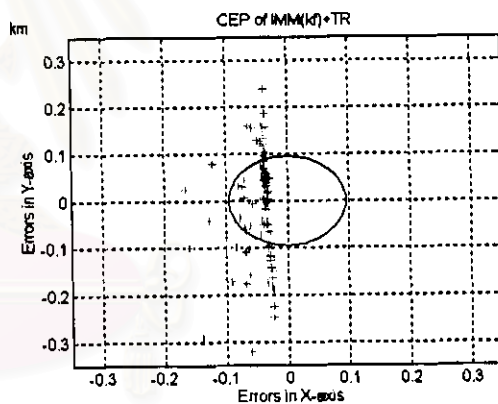
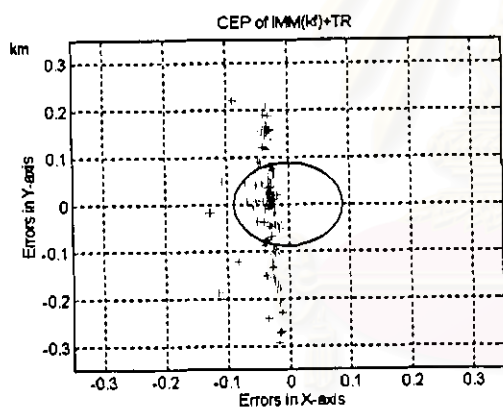
6) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 0.0659

7) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 35% คือ 0.0660

8) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 0.0665



รูปที่ 3.158 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 45% , 50%



รูปที่ 3.159 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 55% , 60%

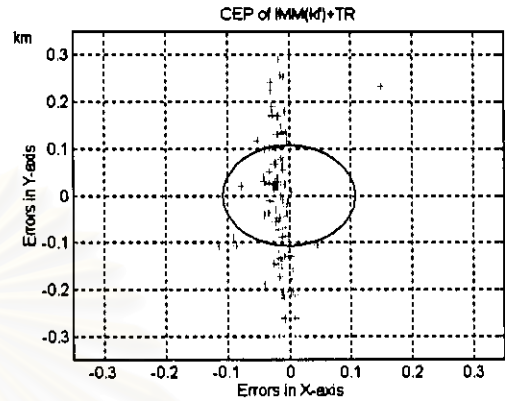
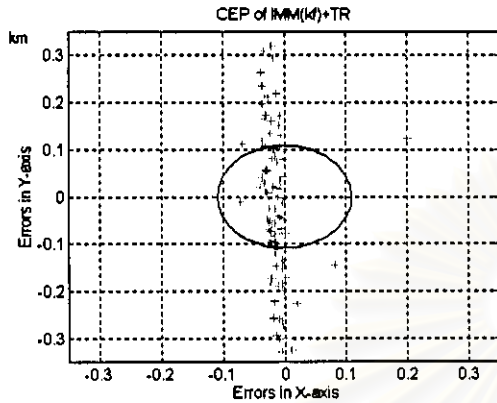
จากรูปที่ 3.158 และ 3.159 ค่า CEP 50% ของ IMM(KF)+TR มีดังนี้คือ

9) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 45% คือ 0.0685

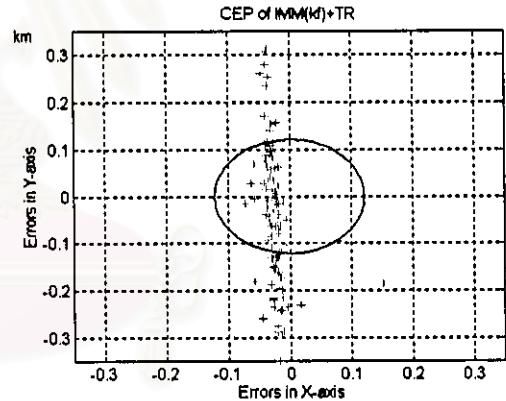
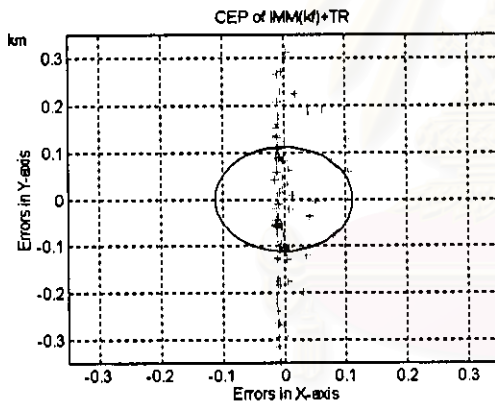
10) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 0.0701

11) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 55% คือ 0.0852

12) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 0.0910



รูปที่ 3.160 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 65% , 70%



รูปที่ 3.161 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 75% , 80%

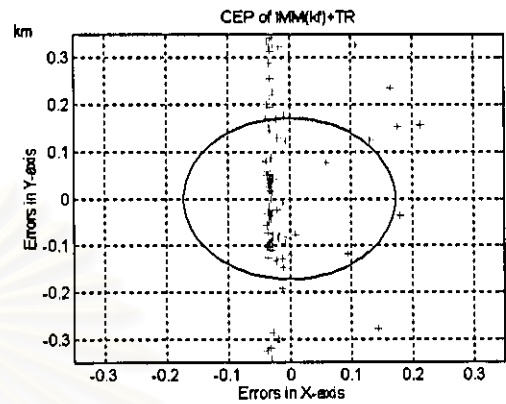
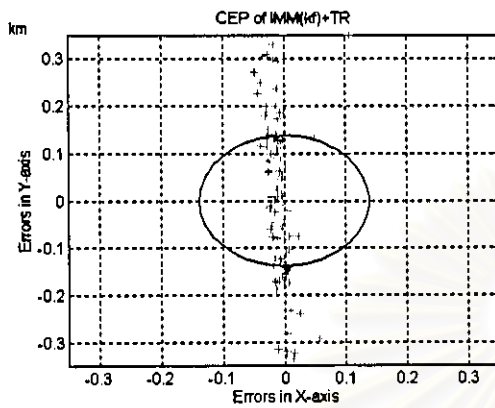
จากรูปที่ 3.160 และ 3.161 ค่า CEP 50% ของ IMM(KF)+TR มีดังนี้คือ

13) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 65% คือ 0.1022

14) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 0.1035

15) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 75% คือ 0.1069

16) CEP 50% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 0.1144



รูปที่ 3.162 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(KF)+TR ที่มี Laplacian Noise 85% , 90%

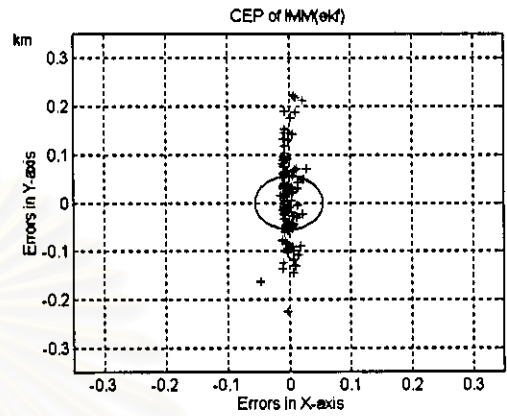
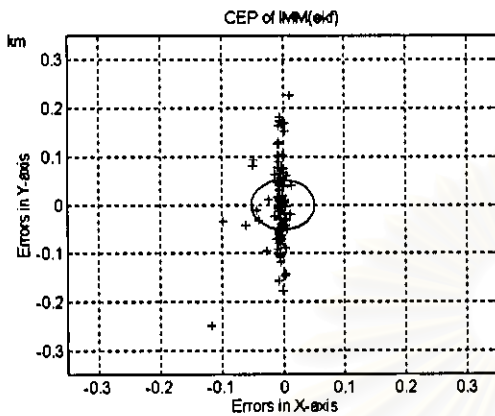
จากรูปที่ 3.162 ค่า CEP 50% ของ IMM(KF)+TR มีดังนี้คือ

17) CEP 85% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 85% คือ 0.1349

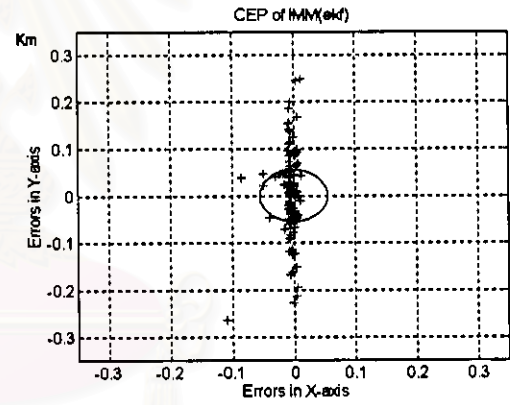
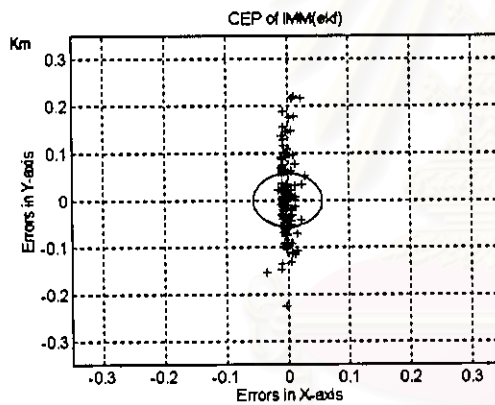
18) CEP 90% ของ IMM(KF)+TR เมื่อมี Laplacian Noise 90% คือ 0.1499

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ผลการทดสอบในรูปกราฟ CEP 50% ของ IMM(EKF) ในกรณีที่ 3  
เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90%



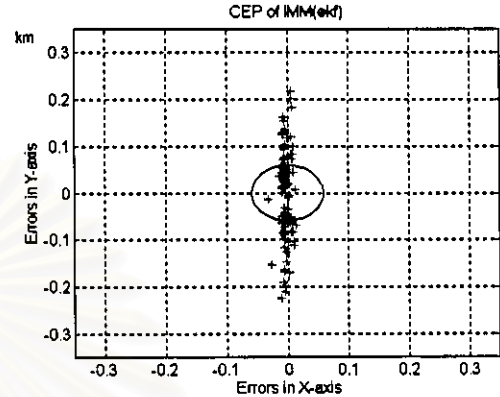
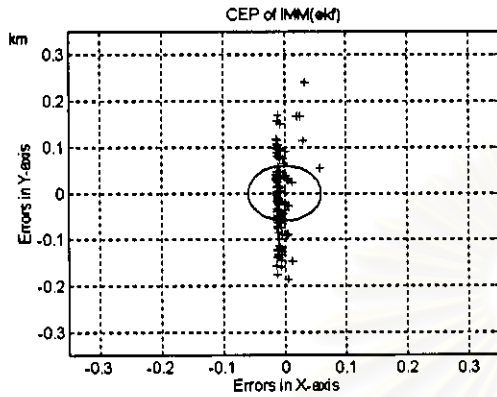
รูปที่ 3.163 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 5% , 10%



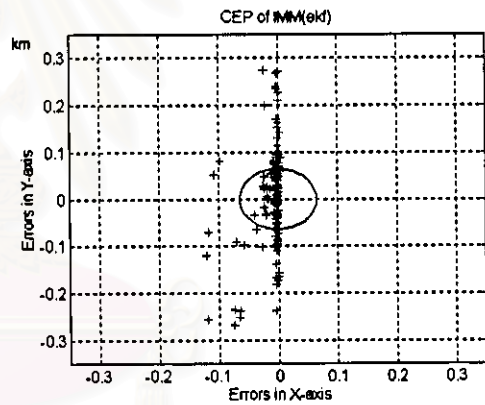
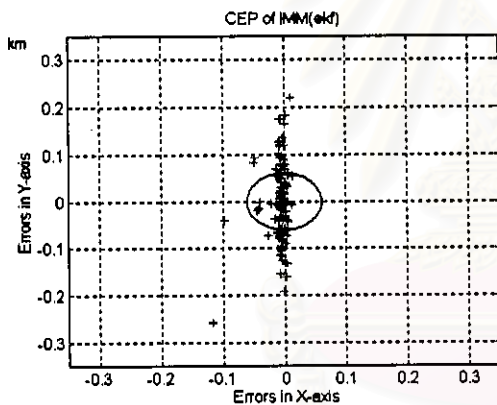
รูปที่ 3.164 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 15% , 20%

จากรูปที่ 3.163 และ 3.164 ค่า CEP 50% ของ IMM(EKF) มีดังนี้คือ

- 1) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 5% คือ 0.0502
- 2) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 10% คือ 0.0530
- 3) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 15% คือ 0.0534
- 4) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 20% คือ 0.0534



รูปที่ 3.165 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 25% , 30%



รูปที่ 3.166 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 35% , 40%

จากรูปที่ 3.165 และ 3.166 ค่า CEP 50% ของ IMM(EKF) มีดังนี้คือ

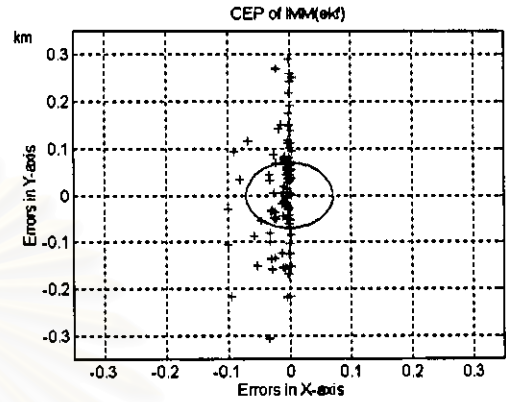
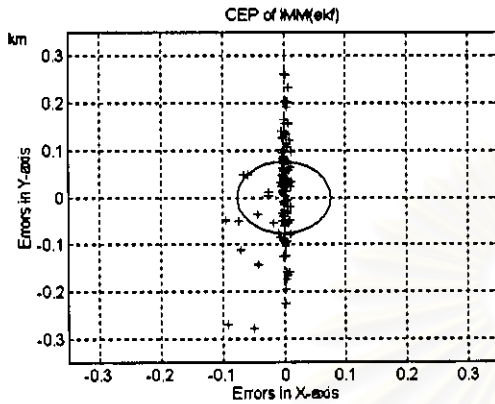
5) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 25% คือ 0.0556

6) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 30% คือ 0.0564

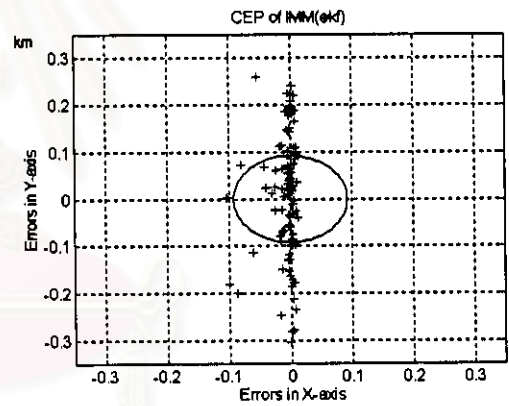
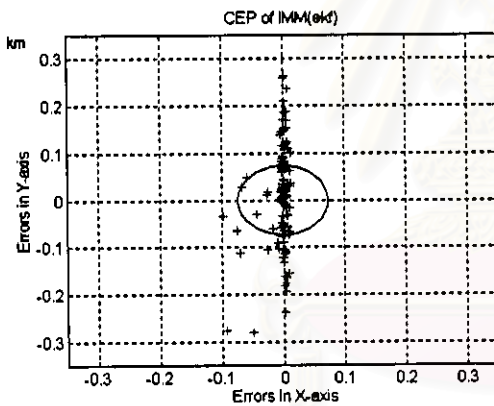
7) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 35% คือ 0.0582

8) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 40% คือ 0.0624





รูปที่ 3.167 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 45% , 50%



รูปที่ 3.168 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 55% , 60%

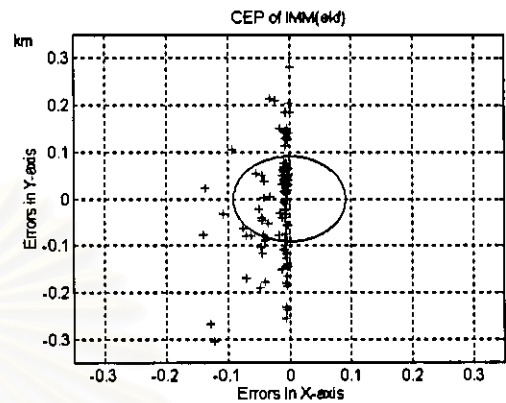
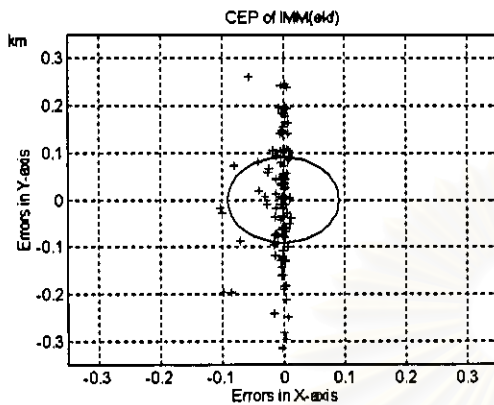
จากรูปที่ 3.167 และ 3.168 ค่า CEP 50% ของ IMM(EKF) มีดังนี้คือ

9) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 45% คือ 0.0640

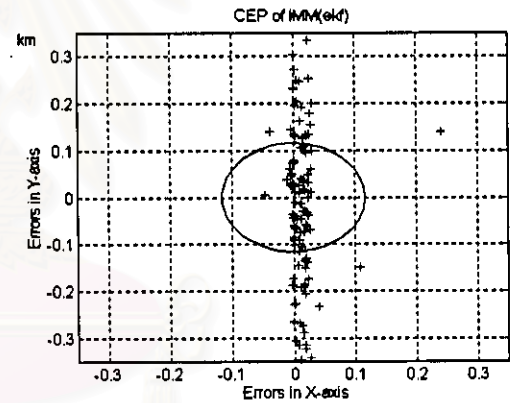
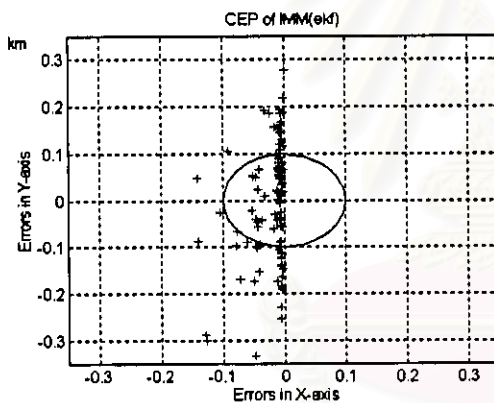
10) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 50% คือ 0.0683

11) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 55% คือ 0.0704

12) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 60% คือ 0.0857



รูปที่ 3.169 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 65% , 70%



รูปที่ 3.170 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 75% , 80%

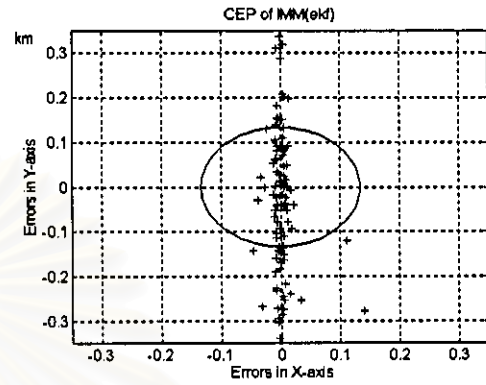
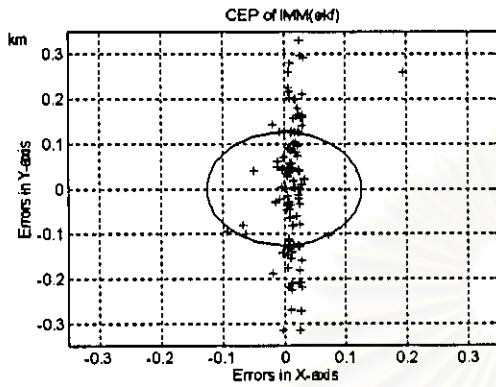
จากรูปที่ 3.169 และ 3.170 ค่า CEP 50% ของ IMM(EKF) มีดังนี้คือ

13) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 65% คือ 0.0870

14) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 70% คือ 0.0886

15) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 75% คือ 0.0897

16) CEP 50% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 80% คือ 0.1066



รูปที่ 3.171 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของ IMM(EKF) ที่มี Laplacian Noise 85% , 90%

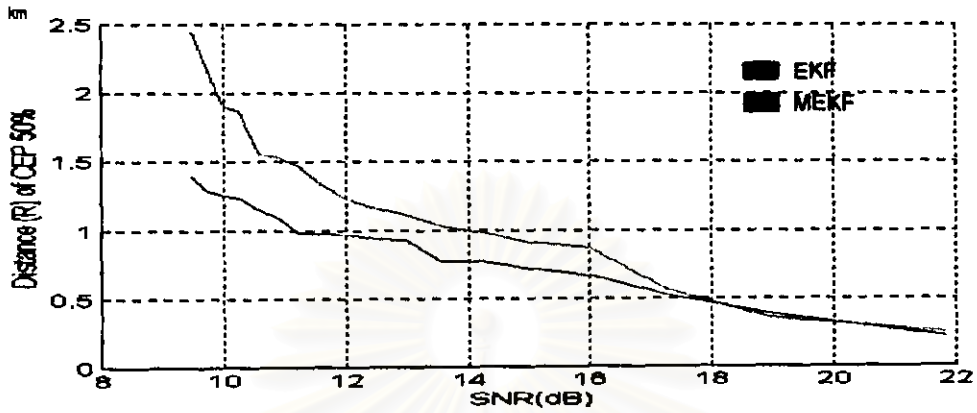
จากรูปที่ 171 ค่า CEP 50% ของ IMM(EKF) มีดังนี้คือ

17) CEP 85% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 85% คือ 0.1144

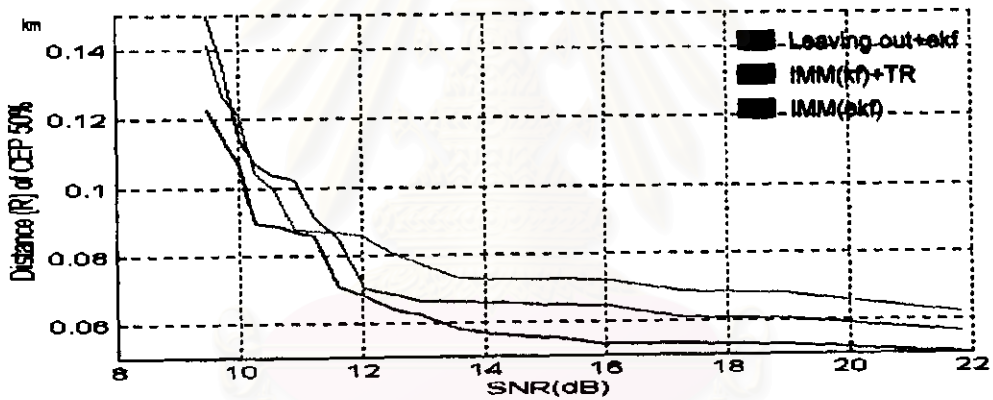
18) CEP 90% ของ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise 90% คือ 0.1227

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ภาพสรุปผลการทดสอบในรูป CEP 50% ในกรณีที่ 3 เมื่อค่า SNR ตั้งแต่ 9-22 dB



รูปที่ 3.172 ภาพสรุปผลการทดสอบในรูป CEP 50% ของ EKF และ MEKF  
เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90%



รูปที่ 3.173 ภาพสรุปผลการทดสอบในรูป CEP 50% ของ Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR  
และ IMM(EKF) เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90%

ตารางที่ 3.55 สรุปค่าความคลาดเคลื่อนในรูป CEP 50% ของแต่ละอัลกอริทึม  
เมื่อมี Laplacian Noise ตั้งแต่ 5%-90%

SNR (dB)	EKF (km)	MEKF (km)	LEKF (km)	Imm+TR (km)	IMM (km)	SNR (dB)	EKF (km)	MEKF (km)	LEKF (km)	Imm+TR (km)	IMM (km)
9.4873	1.3925	2.4608	0.1415	0.1499	0.1227	12.4858	0.9352	1.1549	0.0904	0.0685	0.0640
9.7348	1.2805	2.1600	0.1268	0.1349	0.1144	12.9944	0.9275	1.1136	0.0772	0.0685	0.0624
9.9973	1.2533	1.8976	0.1206	0.1144	0.1066	13.5705	0.7874	1.0264	0.0732	0.0680	0.0582
10.2787	1.2396	1.8872	0.1042	0.1069	0.0887	14.2349	0.7873	0.9789	0.0727	0.0659	0.0564
10.5754	1.1541	1.5579	0.0992	0.1035	0.0886	15.0197	0.7198	0.9093	0.0726	0.0650	0.0556
10.8960	1.0841	1.5350	0.0875	0.1022	0.0870	15.9782	0.6843	0.8704	0.0724	0.0646	0.0534
11.2423	0.9800	1.4833	0.0871	0.0910	0.0857	17.2101	0.5256	0.5726	0.0689	0.0610	0.0534
11.6188	0.9719	1.3275	0.0868	0.0852	0.0704	18.9362	0.3889	0.3587	0.0678	0.0606	0.0530
12.0306	0.9672	1.2265	0.0855	0.0701	0.0683	21.8436	0.2170	0.2509	0.0620	0.0665	0.0502

### ผลการทดสอบโดยรวมในรูป CEP 50% ของแต่ละอัลกอริทึม กรณีที่ 3 เมื่อมี Laplacian Noise 5%-90%

จากผลการทดสอบที่แสดงในรูป CEP 50% ของอัลกอริทึม EKF, MEKF, Leaving out+EKF IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ในรูปกราฟที่ 3.127 จนถึง รูปกราฟที่ 3.171 ได้ผลว่า

- สำหรับทุกอัลกอริทึม เมื่อปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เข้ามามากขึ้น รัศมีของวงกลมก็จะกว้างขึ้นหรือระยะทางจากแหล่งกำเนิดสัญญาณจริงถึงแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ประมาณได้จะห่างกันมากขึ้น
- ค่าความคลาดเคลื่อน ในแกน x และ y ของ EKF และ MEKF จะมีมากกว่า Leaving out+EKF และ IMM(EKF)

ส่วนกราฟสรุปผลการทดสอบในรูป CEP 50% ของแต่ละอัลกอริทึม ในรูปที่ 3.172 และ รูปที่ 3.173 จะเป็นการนำค่ากลางของ CEP 50% ที่มีปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ที่เข้ามาในปริมาณต่างๆกัน ตั้งแต่ 5% ถึง 90% มาพล็อตรวม แล้วดูค่าระยะทางที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับค่า SNR ของระบบ ซึ่งได้ผลว่า

- เมื่อค่า SNR มีค่ามาก ระยะทางจากแหล่งกำเนิดสัญญาณจริงจนถึงแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ประมาณได้จะห่างกันน้อย ส่วนในทางกลับกัน เมื่อค่า SNR มีค่าน้อย ระยะทางจากแหล่งกำเนิดสัญญาณจริงจนถึงแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ประมาณได้จะห่างกันมาก

### 3.6.3 พิจารณาผลการทดสอบโดยรวม

#### 3.6.3.1 กรณีที่ใช้เครื่องตรวจจับทิศทางแบบเคลื่อนที่

##### 1) พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของทุกวิธีการในทุกกลุ่มปัญหา

##### 1.1) พิจารณากลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2

วิธี EKF และ MEKF ให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงผิดจากตำแหน่งจริงไปมาก เนื่องจากการประมวลผลของทั้ง 2 วิธี จะเป็นแบบเรียงลำดับ โดยข้อมูลจากการวัดครั้งที่แล้วจะเป็นข้อมูลให้กับการวัดครั้งต่อไป ซึ่งถ้าในระบบมีทั้งข้อมูลที่ดีและไม่ดีปนกัน นั่นคือ ข้อมูลที่ได้จากการวัดนอกจากจะมีสัญญาณรบกววนที่เป็นแบบเกาส์แล้ว ยังมี Outliers ซึ่งเป็นสัญญาณรบกววนไม่เป็นแบบเกาส์ปนเข้ามา ซึ่งการทำงานของ EKF และ MEKF ถ้าข้อมูลจากการวัดครั้งที่แล้วเป็นข้อมูลที่ไม่ดี ก็จะถูกนำไปเป็นข้อมูลให้กับการวัดครั้งต่อไป จึงเป็นสาเหตุให้ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบมีค่าที่สูงขึ้น หรืออาจจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งก็คือ วิธีการทั้งสอง จะทำการประมวลผลข้อมูลทั้งที่ดีและไม่ดีรวมกันไปทั้งหมด โดยทำการประมวลผลข้อมูลตามลำดับไปเรื่อยๆ จนครบกำหนดการวัด แต่จะไม่มีมีการแยกการแจกแจงของสัญญาณรบกววนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ออกมา หรือจะไม่แยกค่ากำลังของสัญญาณรบกววนแตกต่างกันไปหลายค่า รวมทั้งไม่มีการใช้ค่าน้ำหนักมากำหนด ดังนั้น จึงทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบมีค่าที่สูงขึ้นนั่นเอง

วิธี Leaving out+EKF และ IMM(EKF) แก้ปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกววนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ได้ สำหรับวิธี Leaving out+EKF นั้น เมื่อข้อมูลจากการวัดครั้งใดที่เป็นข้อมูลที่ไม่ดีที่มี Outliers ปนเข้ามา วิธีนี้ก็ตัดข้อมูลที่ไม่ดีออกไป แล้วนำข้อมูลที่ดีไปประมวลผลต่อไป ส่วน วิธี IMM(EKF) ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า Leaving out + EKF เนื่องจากวิธี Leaving out+EKF มีข้อเสียเปรียบตรงที่ ถ้าเราตัดข้อมูลที่ไม่ต้องการออกมากเกินไป อาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อความเที่ยงตรงของระบบได้ แต่ในวิธี IMM(EKF) จะแยกการประมวลผลตามรูปแบบการแจกแจงของสัญญาณรบกววนที่รวมเข้ามามีกับข้อมูลที่มาจากการวัดและใช้การกำหนดค่าน้ำหนัก โดยข้อมูลที่ดีจะให้ค่าน้ำหนักมากกว่าส่วนข้อมูลที่ไม่ดีจะให้ค่าน้ำหนักน้อยๆ ดังนั้น วิธี IMM(EKF) จึงสามารถใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มาจาก การวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ความแม่นยำมากกว่าวิธี Leaving out+EKF

ในส่วนลำดับค่าความคลาดเคลื่อนจากน้อยไปหามาก มีดังนี้คือ IMM(EKF), Leaving out+EKF EKF และ MEKF



## 1.2) พิจารณากลุ่มปัญหาที่ 3

วิธี EKF และ MEKF จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากการประมวลผลของทั้ง 2 วิธี จะเป็นแบบเรียงลำดับ โดยข้อมูลจากการวัดครั้งที่แล้วจะเป็นข้อมูลให้กับการวัดครั้งต่อไป ซึ่งถ้าในระบบไม่มีความแน่นอน นั่นคือ ถ้าเรากำหนดให้ค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ไว้ที่ค่าหนึ่งที่ไม่แน่นอนแล้ว แต่ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการวัด มีค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแตกต่างกันออกไปหลายค่า การทำงานของ EKF และ MEKF ก็จะไม่แน่นอน ถ้าข้อมูลจากการวัดครั้งที่แล้วที่เป็นข้อมูลที่ไม่ดี ก็จะถูกนำไปเป็นข้อมูลให้กับการวัดครั้งต่อไป จึงเป็นสาเหตุให้ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบมีค่าที่สูงขึ้นนั่นเอง และเมื่อนำค่าความคลาดเคลื่อนของวิธี EKF และ MEKF ในทุกกลุ่มปัญหามาเปรียบเทียบกันพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนในกลุ่มปัญหาที่ 3 จะไม่สูงเท่ากับกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2 เนื่องจากปัญหาของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์มีผลกระทบต่อโครงสร้างการทำงานของ EKF และ MEKF มากกว่าสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์

วิธี IMM(EKF) จะให้แก้ไขปัญหาดังนี้ได้ เนื่องจาก วิธีนี้จะแยกการประมวลผลได้ตามค่ากำลังของสัญญาณรบกวนที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็ยังมีข้อเสียเปรียบในเรื่องของความเสี่ยงเปลือง เพราะต้องใช้วงจรกรองภายในมาก ถ้าค่ากำลังของสัญญาณรบกวนแตกต่างกันหลายๆค่า ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการวัดมีมาก

ในส่วนลำดับค่าความคลาดเคลื่อนจากน้อยไปหามาก มีดังนี้คือ IMM(EKF), EKF และ MEKF

## 2) พิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการกับค่ามาตรฐานในทุกกลุ่มของปัญหา

### 2.1) พิจารณากลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2

จากเหตุผลในหัวข้อ 1.1) ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธี EKF และ MEKF จึงมีค่าเฉลี่ยสูงมาก และมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานมาก ส่วนของวิธี Leaving out+EKF และ IMM(EKF) นั้น ตามที่ได้อธิบายมาในหัวข้อ 1.1) เช่นเดียวกันทั้ง 2 วิธีช่วยแก้ปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธี กับค่ามาตรฐานแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธี มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน เนื่องจากการใช้เครื่องตรวจจับทิศทางแบบเคลื่อนที่ ใช้การวัดเพียงแค่ 10 ครั้ง ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการวัดไปทำการประมวลผล จึงมีน้อยเกินไป ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมวลผลยังคงสูงอยู่ ดังนั้น ในการใช้เครื่องตรวจจับทิศทางแบบเคลื่อนที่ วิธี Leaving out+EKF และ IMM(EKF) จึงไม่เหมาะที่จะนำมาแก้ปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์



## 2.2) พิจารณากลุ่มปัญหาที่ 3

จากเหตุผลในหัวข้อ 1.2) ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธี EKF และ MEKF จึงมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ค่าเฉลี่ยนั้นก็ไม่สูงเท่ากับกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2 เนื่องจากปัญหาของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์มีผลกระทบต่อโครงสร้างการทำงานของ EKF และ MEKF มากกว่าสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์เช่นเดียวกัน ส่วนค่าเฉลี่ยของวิธี IMM(EKF) จะมีค่าที่ต่ำกว่าหรือดีกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน  $x$  แต่จะมีค่าที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน  $y$  จึงแสดงให้เห็นว่า สัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์มีผลต่อ IMM(EKF) เช่นเดียวกัน แต่ยังไม่ีผลมากเท่ากับ EKF และ MEKF ดังนั้น ในการนำ IMM(EKF) มาใช้ในการแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบเกาส์ แต่ค่ากำลังต่างกัน จึงควรพิจารณาถึงความสิ้นเปลืองของการใช้วงจรรองรับในด้วย

### 3) พิจารณาความทนทานของทุกวิธีการ ( เฉพาะกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2 )

สำหรับวิธี EKF และ MEKF เมื่อปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เพิ่มเข้ามาในระบบน้อย ทำให้ค่า SNR ของระบบเพิ่มขึ้น ค่าความคลาดเคลื่อนจะน้อย แต่ถ้าเพิ่มเข้ามาในระบบมาก ค่า SNR ของระบบลดลง อย่างไรก็ตาม ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของระบบก็ยังคงมีค่าสูงอยู่

ส่วนวิธี Leaving out+EKF และ IMM(EKF) เช่นเดียวกันเมื่อปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เพิ่มเข้ามาในระบบน้อย ค่า SNR จะเพิ่มขึ้น ความแม่นยำก็จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เพิ่มเข้ามาในระบบมาก ค่า SNR ของระบบก็ลดลง และเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว Leaving out + EKF, และ IMM(EKF) ก็ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า EKF และ MEKF

### 4) พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนในแกน $x$ และ $y$ ทุกกลุ่มปัญหา

สำหรับทุกวิธีการ ในทุกกลุ่มปัญหา พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแกน  $y$  จะมีค่ามากกว่าแกน  $x$  เนื่องจาก ตำแหน่งของเครื่องตรวจจับทิศแต่ละเครื่องมีผลต่อการคำนวณของ Initial Position Uncertainty ของแต่ละอัลกอริทึม กล่าวคือ ถ้ามุมทิศ จากเครื่องตรวจจับทิศไปยังแหล่งกำเนิดสัญญาณ มากกว่า 45 องศา ค่าความคลาดเคลื่อนในแกน  $y$  จะมีค่ามากกว่าแกน  $x$

### 3.6.3.2 กรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่กับที่

#### 1) พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของทุกวิธีการในทุกกลุ่มปัญหา

##### 1.1) พิจารณากลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2

วิธี EKF และ MEKF ให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงผิดจากตำแหน่งจริงไปมาก ซึ่งมีเหตุผลเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่ นั่นคือ การประมวลผลของทั้ง 2 วิธี จะเป็นแบบเรียงลำดับ โดยข้อมูลจากการวัดครั้งที่แล้วจะเป็นข้อมูลให้กับการวัดครั้งต่อไป ถ้าข้อมูลจากการวัดครั้งที่แล้วเป็นข้อมูลที่ไม่ดี จะถูกนำไปเป็นข้อมูลให้กับการวัดครั้งต่อไป เป็นสาเหตุให้ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบมีค่าที่สูงขึ้นนั่นเอง และนอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนของกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่ที่ พบว่าจะมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่ เนื่องจากกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบอยู่ที่ จะทำการวัดมากกว่า ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการวัดที่นำไปประมวลผลจึงมีมากกว่า การประมาณมีความแม่นยำยิ่งขึ้น

วิธี Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) สามารถแก้ปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ได้ดี สำหรับวิธี Leaving out+EKF นั้น ก็มีหลักการและเหตุผลเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่ และในส่วนวิธี IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) ก็จะแยกการประมวลผลตามการแจกแจงของสัญญาณรบกวนที่รวมเข้ามาพร้อมกับข้อมูลที่มาจากการวัดและใช้การกำหนดค่าน้ำหนัก ทั้งวิธี IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) จึงสามารถใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มาจากกรวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ความแม่นยำมากกว่าวิธี Leaving out+EKF และเมื่อพิจารณาระหว่างวิธี IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) พบว่า IMM(EKF) มีความแม่นยำมากกว่า IMM(KF)+TR เนื่องจากความแตกต่างของวงจรรองที่ใช้ภายในของไอเอ็มเอ็ม ซึ่งเป็นที่ทราบแล้วว่า EKF มีประสิทธิภาพดีกว่า KF ส่วน Torrieri ช่วยให้ความคลาดเคลื่อนลดลงไปบ้างขึ้นอยู่กับว่า ถ้าค่าที่ได้จาก KF ใกล้เคียงกับค่าที่วัดจริงเท่าไร Torrieri ก็จะช่วยให้ความคลาดเคลื่อนน้อยลงหรือมีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น

ในส่วนลำดับค่าความคลาดเคลื่อนจากน้อยไปหามาก มีดังนี้คือ IMM(EKF), IMM(KF)+TR, Leaving out+EKF, EKF และ MEKF

##### 1.2) พิจารณากลุ่มปัญหาที่ 3

วิธี EKF และ MEKF จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากเหตุผลเช่นเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องดักรับหาทิศแบบเคลื่อนที่ และเมื่อนำค่าความคลาดเคลื่อนของวิธี EKF และ MEKF ในทุกกลุ่มปัญหามาเปรียบเทียบกันพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนในกลุ่มปัญหาที่ 3 ไม่สูงเท่ากับกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2 เนื่องจาก

ปัญหาของสัญญาครบถ้วนที่ไม่เป็นแบบเกาส์มีผลกระทบต่อโครงสร้างการทำงานของ EKF และ MEKF มากกว่าสัญญาครบถ้วนที่เป็นแบบเกาส์ เช่นเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องดักจับหาทิศแบบเคลื่อนที่นั่นเอง

วิธี IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) จะให้แก่ไขปัญหาตรงนี้ได้ เนื่องจาก เนื่องจากเหตุผลเช่นเดียวกับกรณีที่ใช้เครื่องดักจับหาทิศแบบเคลื่อนที่

ในส่วนลำดับค่าความคลาดเคลื่อนจากน้อยไปหามาก มีดังนี้คือ IMM(EKF), IMM(KF)+TR, EKF และ MEKF

## 2) พิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการกับค่ามาตรฐานในทุกกลุ่มของปัญหา

### 2.1) พิจารณากลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2

ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธี EKF และ MEKF มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่ามาตรฐานมาก ส่วนของวิธี Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) นั้น ตามที่ได้อธิบายมาทั้ง 3 วิธีช่วยแก้ปัญหาในเรื่องสัญญาครบถ้วนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องดักจับหาทิศแบบเคลื่อนที่ พบว่าจำนวนครั้งที่ทำการวัด มีผลมากต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณได้ และดังนั้นการใช้เครื่องดักจับหาทิศแบบอยู่กับที่ มีข้อพิจารณาดังนี้คือ วิธี IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) มีความเหมาะสมมากกว่าวิธี Leaving out+EKF ในกรณีที่ข้อมูลมีสัญญาครบถ้วนที่ไม่เป็นแบบเกาส์ปนเข้ามามากๆ

### 2.2) พิจารณากลุ่มปัญหาที่ 3

จากเหตุผลในหัวข้อ 1.2) ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธี EKF และ MEKF จึงมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ค่าเฉลี่ยนั้นก็ไม่สูงเท่ากับกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2 เนื่องจากปัญหาของสัญญาครบถ้วนที่ไม่เป็นแบบเกาส์มีผลกระทบต่อโครงสร้างการทำงานของ EKF และ MEKF มากกว่าสัญญาครบถ้วนที่เป็นแบบเกาส์เช่นเดียวกัน ส่วนค่าเฉลี่ยของวิธี IMM(EKF) จะมีค่าที่ต่ำกว่าหรือดีกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน x แต่จะมีค่าที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน ในแกน y จึงแสดงให้เห็นว่า สัญญาครบถ้วนที่ไม่เป็นแบบเกาส์มีผลต่อ IMM(EKF) เช่นเดียวกัน แต่ยังไม่ีผลมากเท่ากับ EKF และ MEKF ดังนั้น ในการนำ IMM(EKF) มาใช้ในการแก้ปัญหาสัญญาครบถ้วนที่เป็นแบบเกาส์ แต่ค่ากำลังต่างกัน จึงควรพิจารณาถึงความสิ้นเปลืองของการใช้วงจรกรองภายในเช่นเดียวกัน

### 3) พิจารณาความทนทานของทุกวิธีการ ( เฉพาะกลุ่มปัญหาที่ 1 และ 2 )

สำหรับวิธี EKF และ MEKF เมื่อปริมาณสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เพิ่มเข้ามาในระบบน้อย ทำให้ค่า SNR ของระบบเพิ่มขึ้น ค่าความคลาดเคลื่อนจะน้อย แต่ถ้าเพิ่มเข้ามาในระบบมาก ค่า SNR ของระบบลดลง อย่างไรก็ตาม ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของระบบก็ยังคงมีค่าสูงอยู่ แต่ก็ไม่สูงเท่ากับการใช้เครื่องตรวจจับที่ออกแบบเคลื่อนที่

ส่วนในวิธี Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) นั้น เช่นเดียวกันเมื่อปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เพิ่มเข้ามาในระบบน้อย ค่า SNR ก็จะเพิ่มขึ้น ความแม่นยำก็จะดีมาก ถ้าปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ไม่เป็นแบบเกาส์เพิ่มเข้ามาในระบบมาก ค่า SNR ของระบบลดลง

### 4) พิจารณาเปรียบเทียบตามจำนวนของเครื่องตรวจจับในทุกลุ่มปัญหา

วิธี EKF และ MEKF นั้น จำนวนเครื่องตรวจจับที่มากจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าจำนวนเครื่องตรวจจับที่น้อยกว่าตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมก็ยังคงมีค่าสูงอยู่

วิธี Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) นั้น จำนวนเครื่องตรวจจับที่มากจะให้ความแม่นยำกว่าจำนวนเครื่องตรวจจับที่น้อยกว่า เนื่องจากสามารถครอบคลุมพื้นที่ในการตรวจวัดได้มากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม การใช้จำนวนเครื่องตรวจจับที่มาก ผลกระทบที่ตามมาก็คือ ปัจจัยทางเวลาที่ใช้ในการประมวลผลและความสิ้นเปลืองของเครื่องมือ ดังนั้น ทางกองทัพจึงให้ความสำคัญกับการพิจารณาเลือกใช้จำนวนเครื่องตรวจจับที่เหมาะสม โดยทางปฏิบัติจริงจึงพิจารณาใช้เครื่องตรวจจับจำนวน 3 เครื่อง เป็นมาตรฐาน

### 5) พิจารณาเปรียบเทียบตามตำแหน่งของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณในทุกลุ่มปัญหา

วิธี EKF และ MEKF ได้ผลคือ การประมวลผลที่ให้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ในระหว่างพื้นที่ที่เครื่องตรวจจับตั้งอยู่ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าให้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ภายนอกพื้นที่ที่เครื่องตรวจจับตั้งอยู่ อย่างไรก็ตามค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมก็ยังคงมีค่าสูงอยู่

วิธี Leaving out+EKF, IMM(KF)+TR และ IMM(EKF) นั้น ในการประมวลผลที่ให้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ในระหว่างพื้นที่ที่เครื่องตรวจจับตั้งอยู่ จะให้ผลที่แม่นยำมากกว่า ที่ให้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ภายนอกพื้นที่ที่เครื่องตรวจจับตั้งอยู่ เนื่องจาก ระบบสายอากาศของเครื่องตรวจจับ

หาทิศแต่ละเครื่องจะมีพื้นที่ในการรับสัญญาณที่แน่นอน และมุมทิศจากเครื่องดักรับหาทิศไปยังแหล่งกำเนิดสัญญาณมีผลต่อการคำนวณของแต่ละอัลกอริทึม ดังนั้น ถ้าแหล่งกำเนิดสัญญาณอยู่ภายนอกพื้นที่การดักรับสัญญาณของเครื่องดักรับหาทิศมาก ประสิทธิภาพในการดักรับสัญญาณก็จะลดลง ความแม่นยำก็น้อยลงด้วย

#### 6) พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนในแกน $x$ และ $y$ ทุกกลุ่มปัญหา

สำหรับทุกวิธีการ ในทุกกลุ่มปัญหา พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแกน  $y$  จะมีค่ามากกว่าแกน  $x$  เนื่องจากสาเหตุเดียวกับกรณีใช้เครื่องดักรับแบบเคลื่อนที่



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย