บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ข้อมูลอนุกรมเวลา fractioanal frequency จากการจำลองแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในรูปแบบสัญญาณรบกวน 5 รูปแบบ คือ White Phase Modulation, Flicker Phase Modulation, White Frequency Modulation, Flicker Frequency Modulation และ Random Walk Frequency Modulation สามารถนำมาคำนวณค่า Allan Variance และ Overlapping Allan Variance ตัวอย่างการคำนวณค่า Allan Deviation และ Overlapping Allan Deviation ของข้อมูลจากการจำลองแบบสัญญาณรบกวน ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 แสดงดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.10 และค่า μ ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูล Allan Variance และ Overlapping Allan Variance แสดงตัวอย่างการคำนวณในตารางที่ 4.11 ถึง 4.20 จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่า MSE เป็นเกณฑ์การพิจารณา ดังแสดงในตารางที่ 4.22 ได้ผลสรุปดังนี้

5.1.1 รูปแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation ค่า MSE ของ Overlapping Allan Variance มีค่าน้อยกว่า Allan Variance ในทุกขนาดของอนุกรมเวลา

5.1.2 รูปแบบสัญญาณรบกวน Flicker Phase Modulation ค่า MSE ของ Overlapping Allan Variance มีค่าน้อยกว่า Allan Variance ในทุกขนาดของอนุกรมเวลา

5.1.3 รูปแบบสัญญาณรบกวน White Frequency Modulation ค่า MSE ของ Overlapping Allan Variance มีค่าน้อยกว่า Allan Variance ในทุกขนาดของอนุกรมเวลา

5.1.4 รูปแบบสัญญาณรบกวน Flicker Frequency Modulation ค่า MSE ของ Overlapping Allan Variance มีค่าน้อยกว่า Allan Variance ในทุกขนาดของอนุกรมเวลา

5.1.5 รูปแบบสัญญาณรบกวน Random Walk Frequency Modulation ค่า MSE ของ Overlapping Allan Variance มีค่าน้อยกว่า Allan Variance ในทุกขนาดของอนุกรมเวลา

ดังนั้นการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนโดยการใช้ Overlapping Allan Variance มีประสิทธิภาพสูงกว่า Allan Variance

ข้อมูลอนุกรมเวลา fractioanal frequency จากวงจรออสซิลเลเตอร์ ขนาดอนุกรมเวลา 5,000 ทำซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณค่า Allan Variance และ Overlapping Allan Variance สร้างสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่าง log τ กับ log $\sigma_y(\tau)$ ทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนโดยหลักของแผนภาพ Sigma-Tau โดยวิธี Allan Variance ได้ค่า μ เท่ากับ -1.0678, -0.9490 และ -1.0866 ซึ่งคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ -1.0345 และวิธี Overlapping Allan Variance ได้ค่า μ เท่ากับ -0.9978, -0.8510 และ -1.0952 คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ -0.9813 จะเห็นได้ว่าค่า μ ที่ได้จากการคำนวณทั้งสองวิธีได้ผลออกมาใกล้เคียงกัน และมีค่าใกล้เคียง -1 เมื่อเทียบกับค่า μ ตามทฤษฎี ทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในวงจรออสซิลเลเตอร์เครื่องนี้เป็น White Frequency Modulation

5.2 อภิปรายผล

ผลการคำนวณค่า MSE ของข้อมูลอนุกรมเวลาขนาด 100, 200, 500 และ 1000 ในรูปแบบสัญญาณรบกวนทั้ง 5 รูปแบบดังแสดงในตารางที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่าการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนแบบ White Phase Modulation นั้น วิธี Overlapping Allan Variance มีประสิทธิภาพสูงกว่าโดยค่า MSE ของ Overlapping Allan Variance มีค่าต่างจากวิธี Allan Variance ในลักษณะต่างกันมากขึ้นเมื่อข้อมูลอนุกรมเวลามีขนาดเพิ่มขึ้น ในรูปแบบสัญญาณรบกวนแบบ Flicker Phase Modulation, White Frequency Modulation, Flicker Frequency Modulation และ Random Walk Frequency Modulation ค่า MSE โดยวิธี Overlapping Allan Variance มีค่าน้อยกว่าในทุกขนาดของข้อมูลอนุกรมเวลา แต่ไม่แตกต่างกันมากเหมือนในรูปแบบสัญญาณรบกวนแบบ White Phase Modulation จากผลข้างต้น ค่า MSE โดยวิธี Overlapping Allan Variance มีค่าต่ำกว่า Allan Variance ในทุกกรณี ทำให้สามารถยืนยันถึงประสิทธิภาพที่สูงกว่าในการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนของ Overlapping Allan Variance

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนโดยวิธี Allan Variance และ Overlapping Allan Variance เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งพิจารณาได้จากค่า MSE ที่มีค่าค่อนข้างน้อย แต่โดยวิธีทั้งสองยังไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างรูปแบบสัญญาณรบกวน White Phase Modulation และ Flicker Phase Modulation ได้ ในการวิจัยครั้งต่อไปควรที่จะศึกษาความแปรปรวนอื่นๆ ที่มีความสามารถในการแยกรูปแบบสัญญาณรบกวนทั้งสองรูปแบบได้เพื่อเป็นการบ่งชี้ถึงรูปแบบสัญญาณรบกวนอย่างชัดเจน อันจะเป็นประโยชน์ในการสร้างแหล่งกำเนิดความถี่ที่มีเสถียรภาพต่อไป