

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์

เนื่องจากตัวควบคุมพีชชีชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดเชิงตั้งฉากใช้วิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เป็นเชิงเส้น ซึ่งทำให้ใช้เวลาในการปรับค่าพารามิเตอร์สั้นลง แต่เมื่อได้ทดลองออกแบบตัวควบคุมพบว่าตัวควบคุมมีเสถียรภาพที่ไม่แน่นอน เนื่องจากในการออกแบบตัวควบคุมต้องเลือกฟังก์ชันมูลฐานพีชชีจำนวนหนึ่งจากจำนวนคู่สัญญาณเข้าออกที่ใช้ในการเรียนรู้ ถ้าเลือกจำนวนฟังก์ชันมูลฐานพีชชีน้อยจะทำให้ระบบไม่เสถียรในบางค่าของค่าเงื่อนไขเริ่มต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาทางกายภาพ นั่นคือค่าสัญญาณเข้าที่เข้าสู่ระบบบางค่าทำให้ฟังก์ชันมูลฐานพีชชีทุกตัวมีค่าเป็นศูนย์ สัญญาณควบคุมจึงมีค่าเป็นศูนย์ทำให้บางช่วงเวลาชักตัวอย่างตัวควบคุมไม่สามารถควบคุมระบบได้ ส่วนในกรณีที่เลือกจำนวนฟังก์ชันมูลฐานพีชชีสุดท้ายจำนวนมากสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้บ้างคือมีช่วงของสัญญาณเข้าที่ไม่มีค่าความเป็นสมาชิกในทุก ๆ เซตพีชชีลดน้อยลง แต่ทั้งนี้ทำให้ตัวควบคุมใช้เวลาในการคำนวณสัญญาณควบคุมมาก และยังไม่สามารถออกแบบตัวควบคุมที่มีเสถียรภาพที่ดีพอได้ ในวิทยานิพนธ์นี้จึงไม่ทำการเปรียบเทียบผลของตัวควบคุมพีชชีชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดเชิงตั้งฉากต่อไปจะกล่าวถึงการลดผลของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบของตัวกรองกาลมานและตัวควบคุมพีชชีชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาท

จากการวิเคราะห์ในรูปแบบของกราฟแสดงมุมของก้านและตำแหน่งรถในกรณีที่มีลมคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบที่ค่าความแปรปรวนต่าง ๆ ทั้งแบบที่เป็นชนิดขาวแบบเกาส์และชนิดสีแบบเกาส์ พบว่าตัวควบคุมพีชชีชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทสามารถลดผลของสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าตัวกรองกาลมาน โดยพิจารณาจากความเรียบของกราฟแสดงมุมของก้านและตำแหน่งรถ นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบในเชิงตัวเลข โดยกำหนดค่าที่ใช้วัดความสามารถในการลดผลของสัญญาณรบกวน คือ J_r ซึ่งคำนวณจากค่าผลรวมในทุกช่วงเวลาชักตัวอย่างของผลต่างระหว่างมุมของก้านเมื่อมีสัญญาณรบกวนและไม่มีสัญญาณรบกวนยกกำลังสอง และ J_p ซึ่งคำนวณจากค่าผลรวมในทุกช่วงเวลาชักตัวอย่างของผลต่างระหว่างตำแหน่งรถเมื่อมีสัญญาณรบกวนและไม่มีสัญญาณรบกวนยกกำลังสอง สรุปผลการทดสอบสัญญาณรบกวนชนิดต่าง ๆ ได้ดังตารางในภาคผนวก ข.

จากการทดสอบตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทและตัวชดเชยที่มีตัวกรองกาลมาน โดยกำหนดให้ระบบมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบ ทั้งชนิดขาวแบบเกาส์และชนิดสีแบบเกาส์ พบว่าทั้งตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทและตัวชดเชยที่มีตัวกรองกาลมานสามารถลดผลของสัญญาณรบกวนชนิดสีแบบเกาส์ได้ดีกว่าชนิดขาวแบบเกาส์ ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณรบกวนชนิดขาวแบบเกาส์จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณรบกวนแบบเป็นอิสระทางเวลา ส่วนสัญญาณรบกวนชนิดสีแบบเกาส์ขนาดของสัญญาณรบกวนในช่วงเวลาชักรตัวอย่างปัจจุบันจะมีความสัมพันธ์กับค่าในอดีต ทำให้สัญญาณรบกวนมีลักษณะเรียกว่าชนิดขาวแบบเกาส์

จากกราฟเปรียบเทียบการลดผลของสัญญาณรบกวนชนิดต่าง ๆ ระหว่างตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทและตัวชดเชยที่มีตัวกรองกาลมาน พบว่าการลดผลของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบ ทั้งชนิดขาวแบบเกาส์และชนิดสีแบบเกาส์ของตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทได้ดีกว่าตัวกรองกาลมาน โดยเปรียบเทียบความเรียบและขนาดของการแกว่งของมุมของก้านและตำแหน่งรอรอบจุดกำหนด

จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขสามารถดังตารางในภาคผนวก ข. เมื่อพิจารณากรณีที่ออกแบบตัวกรองกาลมานหรือเรียนรู้ตัวควบคุมพืชชึ่งกับสัญญาณรบกวนที่มีค่าความแปรปรวนเท่ากับสัญญาณรบกวนที่เข้าสู่ระบบจริง พบว่าตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทสามารถลดผลของสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าตัวกรองกาลมาน นอกจากนี้เมื่อพิจารณากรณีที่สัญญาณรบกวนที่เข้าสู่ระบบมีค่าความแปรปรวนไม่ตรงกับที่ออกแบบหรือเรียนรู้ พบว่าตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทยังคงลดผลของสัญญาณรบกวนได้ดี แม้ว่าสัญญาณรบกวนที่เข้าสู่ระบบจะมีค่าความแปรปรวนสูงขึ้น แต่ความสามารถในการลดผลของสัญญาณรบกวนของตัวกรองกาลมานลดลง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทหลังจากผ่านการเรียนรู้ครั้งที่ 40 และ 100 พบว่าตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทหลังจากการเรียนรู้ครั้งที่ 100 สามารถลดผลของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบได้ดีกว่าตัวควบคุมหลังจากที่ทำการเรียนรู้ครั้งที่ 40 นั่นคือการเรียนรู้ของตัวควบคุมมีแนวโน้มที่จะลดผลของสัญญาณรบกวนมากขึ้นเมื่อมีการเรียนรู้มากขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมาและรวมทั้งที่ได้ทำการทดสอบดังกล่าวในบทข้างต้นสามารถเปรียบเทียบลักษณะสำคัญบางประการของตัวควบคุมพืชชนิดที่มีปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาท และตัวกรองกาลมานในแง่ของการลดผลของสัญญาณรบกวน ผลของความแปรปรวนของสัญญาณรบกวนผลของระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น เสถียรภาพ และความยากง่ายในการออกแบบสำหรับการควบคุมเพนดูลัม ผกผันได้ดังต่อไปนี้

หัวข้อ	ตัวควบคุมพืชชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ย่านงานระบบประสาท	ตัวชดเชยที่มีตัวกรองกาลมาน
การลดผลของสัญญาณรบกวนเมื่อใช้กับระบบที่มีเงื่อนไขเหมือนกับที่ออกแบบ	สามารถลดผลของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบ ทั้งชนิดขาวแบบเกาส์และชนิดสีแบบเกาส์ได้ดี	สามารถลดผลของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบ ทั้งชนิดขาวแบบเกาส์และชนิดสีแบบเกาส์ได้ดี
ผลของสัญญาณรบกวนที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากับที่ออกแบบหรือใช้ในการเรียนรู้	สามารถลดผลของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบทั้งชนิดขาวแบบเกาส์และชนิดสีแบบเกาส์ได้ดี แม้ว่าสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจะมีค่าความแปรปรวนมากกว่าที่ใช้ในการเรียนรู้	ความสามารถในการลดผลของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบทั้งชนิดขาวแบบเกาส์และคัลเลอร์ลดลง เมื่อความแปรปรวนของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นไม่เท่ากับที่ใช้ในการออกแบบ
ความไม่เป็นเชิงเส้นของระบบ	เนื่องจากตัวควบคุมมีความไม่เป็นเชิงเส้นจึงสามารถให้ผลที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ และการปรับตัวควบคุมทำให้ตัวควบคุมสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดผลของสัญญาณรบกวนได้	เนื่องจากตัวกรองกาลมานออกแบบจากระบบที่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นความสามารถในการลดผลของสัญญาณรบกวนจึงลดลงเมื่อใช้กับแบบจำลองระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น
การออกแบบ	การออกแบบตัวควบคุมต้องใช้เวลาในการเรียนรู้นาน	ใช้เวลาในการออกแบบสั้นและไม่จำเป็นต้องเรียนรู้สัญญาณรบกวน
	วิธีการออกแบบไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณรบกวน	วิธีการออกแบบสำหรับความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบ ชนิดขาวแบบเกาส์และชนิดสีแบบเกาส์ใช้วิธีการที่แตกต่างกัน

หัวข้อ	ตัวควบคุมพีชชีชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาท	ตัวชดเชยที่มีตัวกรองกาลมาน
เสถียรภาพ	เนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของตัวควบคุมทำให้การวิเคราะห์เสถียรภาพของตัวควบคุมทำได้ยาก และยังไม่มีการตอบที่ชัดเจน	สามารถวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบได้ เนื่องจากตัวกรองกาลมานมีความเป็นเชิงเส้น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าการออกแบบตัวควบคุมพีชชีชนิดที่มีการปรับตัวโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทยังมีปัญหาอยู่บ้าง เช่นการเลือกค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นและการเลือกค่าถ่วงน้ำหนักที่ทำให้การเรียนรู้ของตัวควบคุมเข้าสู่จุดเหมาะสมที่สุดในวงกว้าง แต่ทั้งนี้ยังคงไม่มีคำตอบที่ชัดเจนในการเลือกค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ นอกจากนี้ยังคงมีปัญหาในเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งอาจใช้วิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดวิธีอื่น ๆ ที่ทำให้การเข้าสู่จุดเหมาะสมที่สุดเร็วขึ้น และสามารถวิ่งข้ามจุดต่ำสุดในวงแคบ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดในวงกว้างได้