

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการควบคุมแขนกลแบบอ่อนตัวด้วยข่ายงานระบบประสาทโดยอาศัยแบบจำลองส่วนเชิงเกร็ง โครงสร้างของตัวควบคุมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นตัวควบคุมที่ออกแบบจากแบบจำลองของส่วนเชิงเกร็งซึ่งหาได้ง่าย และส่วนที่สองเป็นส่วนที่ควบคุมในส่วนอ่อนตัวซึ่งหาแบบจำลองที่ถูกต้องแม่นยำได้ค่อนข้างยาก ตัวควบคุมที่ใช้ในส่วนนี้อยู่ในรูปของข่ายงานระบบประสาทในรูปแบบของการควบคุมแบบปรับตัวโดยตรง โดยใช้แทนการควบคุมแบบปรับตัวโดยทั่วไปซึ่งมีข้อจำกัดที่ว่าจะต้องเขียนสมการของระบบในรูปของเมทริกซ์การถดถอยคูณกับเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า ซึ่งในแนวทางนี้จะต้องรู้โครงสร้างของแบบจำลองของระบบและในกรณีที่ระบบไม่สามารถจัดให้อยู่ในรูปแบบดังกล่าวได้ก็ไม่สามารถใช้ได้ การใช้ข่ายงานระบบประสาทในลักษณะเช่นนี้มีข้อดีคือไม่ต้องมีการฝึกหัดข่ายงานล่วงหน้า เพราะว่าได้กฎการปรับพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์เลียนแบบ และสามารถพิสูจน์เสถียรภาพของระบบได้ แต่ก็เป็นเพียงระบบที่ประมาณแล้วเท่านั้น จากผลการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์และการทดลองกับระบบจริงเป็นการแสดงให้เห็นว่า วิธีที่เสนอนี้สามารถใช้ควบคุมแขนกลแบบอ่อนตัวข้อต่อเดียวได้

ในส่วนของข้อดีของวิธีที่เสนอนี้กล่าวโดยสรุปเป็นดังนี้ เมื่อมองในแง่ของวิธีการควบคุมแขนกลแบบอ่อนตัว วิธีนี้สามารถใช้ในการควบคุมแขนกลแบบอ่อนตัวได้โดยรู้แบบจำลองเพียงแค่ส่วนเชิงเกร็งเท่านั้น ซึ่งถือได้ว่าใช้ความรู้จากระบบน้อยมากในการสร้างตัวควบคุม และเมื่อมองในแง่ของการควบคุมแบบปรับตัว วิธีนี้ใช้ข่ายงานระบบประสาทในการควบคุมแบบปรับตัวโดยตรง ซึ่งไม่จำเป็นต้องทราบโครงสร้างของแบบจำลองของระบบและไม่ต้องจัดให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ถดถอยคูณกับเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า และสุดท้ายเมื่อมองในแง่ของการใช้ข่ายงานระบบประสาทในการควบคุม จะเห็นได้ว่าไม่จำเป็นต้องมีการฝึกหัดข่ายงานล่วงหน้าซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานาน นอกจากนี้ยังได้พิสูจน์เสถียรภาพของระบบเมื่อใช้ตัวควบคุมที่เสนอนี้ด้วย

ในส่วนข้อเสียของวิธีนี้เกิดขึ้นเนื่องจากโครงสร้างของตัวควบคุมได้จากการเลือกสัญญาณควบคุมที่ทำให้อนุพันธ์อันดับหนึ่งเทียบกับเวลาของฟังก์ชันเลียนแบบมีค่าเป็นลบ ซึ่งหมายความว่ากฎการควบคุมที่เลือกสามารถทำให้ระบบมีเสถียรภาพได้ แต่การที่จะได้ผลการควบคุมที่ดีจะต้องเลือกค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสม ซึ่งวิธีที่เสนอนี้มีพารามิเตอร์ให้เลือกมากมาย ดังนั้นจุดนี้จึงเป็นข้อเสียข้อหนึ่งของวิธีนี้ สำหรับข้อเสียอีกจุดหนึ่งซึ่งเกิดจากโครงสร้างของกฎการควบคุมคือ เมื่อพิจารณาจากกฎการควบคุม

คุมพบว่าเทอมที่ใช้ควบคุมตำแหน่งปลายจะมีค่าผิดพลาดของตำแหน่งมอเตอร์คูณอยู่ หมายความว่าเมื่อมอเตอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ผลของการควบคุมในส่วนตำแหน่งปลายจะมีผลน้อยมาก ดังนั้นถ้าใช้วิธีนี้กับแขนกลที่มีความอ่อนตัวมาก จะเกิดการแกว่งที่ตำแหน่งปลายด้วยขนาดเล็กๆ เมื่อมอเตอร์เคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ซึ่งในขณะนั้นมอเตอร์ไม่มีการขยับในขณะที่เกิดการแกว่งที่ตำแหน่งปลาย ส่วนของการควบคุมตำแหน่งปลายจะไม่มีผลใดๆ

ในส่วนของการพัฒนาประสิทธิภาพในการควบคุมทำได้คือ ในการสร้างกฎการควบคุมต้องใช้ข้อมูลจากระบบในส่วนอ่อนตัวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจจะเป็นตำแหน่งที่เบี่ยงเบนไปที่จุดต่างๆ ของแขนกลหรือโมดการแกว่งต่างๆ ซึ่งทำได้โดยการเพิ่มตัวตรวจรู้ให้มากขึ้น เพราะถ้าใช้ข้อมูลเพิ่มขึ้นเปรียบเหมือนกับว่าทำการออกแบบตัวควบคุมกับแบบจำลองของระบบที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงได้สัญญาณควบคุมที่เหมาะสมและจะได้ผลการควบคุมที่ดี

การพัฒนาในส่วนของโครงสร้างของตัวควบคุม ควรเป็นในแง่ของการปรับปรุงโครงสร้างของข่ายงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะว่าในปัจจุบันการเลือกจำนวนปมที่ชั้นซ่อนและการเลือกฟังก์ชันการกระตุ้นยังคงเป็นสิ่งที่ยังไม่มีกฎเกณฑ์ชัดเจน ดังนั้นส่วนที่จะทำได้คือการใช้ข่ายงานที่มีโครงสร้างแบบพลวัต (dynamic structure) เพราะมีขั้นตอนวิธีในการปรับโครงสร้างของข่ายงานโดยพยายามตัดส่วนที่มีผลน้อยออกไปและพยายามเพิ่มส่วนอื่นๆ ที่มีผลมากเข้ามา (Fabri and Kadirkamanathan, 1996) นอกจากนี้อาจใช้ข่ายงานที่มีฟังก์ชันกระตุ้นที่มีสมบัติเชิงตั้งฉาก เช่น ข่ายงานเวฟเล็ตเพื่อลดความซ้ำซ้อนของข่ายงาน (Sanner and Slotine, 1995)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย