บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงภาพโดยรวมของงานวิทยานิพนธ์นี้ ผลที่ได้จากการจำลองการควบคุมบนคอมพิวเตอร์ กล่าวถึงปัญหาที่พบ และมีการเสนอแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

บทสรุป

วัตถุประสงค์หลักของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นั้น ดังที่ได้กล่าวไว้แต่แรกคือเพื่อเป็นแนวทางใหม่แนวทางหนึ่งในการนำทฤษฎีเวฟเล็ตมาประยุกต์ในระบบควบคุม ซึ่งสามารถใช้แทนโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ซึ่งเวฟเล็ตนั้นมีข้อดีมากมายดังที่มีผู้เสนอไว้ใน [10]

วิธีการประยุกต์ในวิทยานิพนธ์นี้นั้น เป็นการนำทฤษฎีเวฟเล็ตมาสร้างโครงข่ายเวฟเล็ตเหมือนเช่นใน [5] เพื่อใช้เป็นตัวชดเชยสัญญาณควบคุมเดิมที่ไม่สามารถทำให้ผลตอบจากกระบวนการและของแบบจำลองที่ระบุให้คล้ายหรือใกล้เคียงกันได้อันเนื่องมาจากค่าพารามิเตอร์ที่ต่างกันของกระบวนการกับของแบบจำลอง สัญญาณชดเชยจากโครงข่ายเวฟเล็ตทำให้ผลตอบจากกระบวนการใกล้เคียงกับผลตอบจากแบบจำลองที่ระบุเมื่อมีสภาวะเริ่มต้นเดียวกัน งานวิจัยนี้ได้ยกกระบวนการ 2 กระบวนการเพื่อเป็นตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 1 เป็นระบบอันดับหนึ่งที่มีตัวหน่วงเวลา ซึ่งในบางครั้งตัวหน่วงเวลานี้เองอาจเป็นปัญหาในการควบคุมที่ทำให้ระบบขาดเสถียรภาพ และสำหรับตัวอย่างที่ 2 นั้นเป็นระบบอันดับสองซึ่งเป็นระบบไม่เชิงเส้น ในตัวอย่างนี้ได้ใช้ลูกตุ้มเป็นตัวทดสอบ

เริ่มด้วยการสร้างโครงข่ายเพื่อการเรียนรู้ก่อนการใช้งานจริง (off-line learning) โดยการป้อนสัญญาณอ้างอิงดังสมการ (4-4) ให้แก่ตัวอย่างที่ 1 และ (4-11) ให้แก่ตัวอย่างที่ 2 การเรียนรู้ด้วยวิธี Steepest Descent และ Conjugate Gradient โดยมี Extended Davie-Swan-Compey เป็นวิธีหาจุดต่ำสุดมิติเดียว (Uni-dimensional Search) ของฟังก์ชันต้นทุน (3-7) ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งผลที่ได้นั้น วิธี Conjugate Gradient ใช้เวลาในการเรียนรู้ต่อรอบโดยส่วนใหญ่น้อยกว่าการเรียนรู้ด้วยวิธี Steepest Descent ดังตารางที่ 4-1 และ ตารางที่ 4-2 สำหรับตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2

ตามลำดับ ถึงแม้ว่าค่าต่ำสุดของฟังก์ชันต้นทุนที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยวิธี Steepest Descent จะมีค่าไม่ต่างจากค่าที่ได้โดยวิธี Conjugate Gradient มากนัก

หลังจากนั้นเก็บพารามิเตอร์ของโครงข่ายที่ได้เพื่อนำไปใช้งานจริงต่อไป

การเรียนรู้ในขณะใช้งานจริง (on-line learning) นั้น ใช้วิธีปรับพารามิเตอร์แบบโมเมนตัมและวิธี Delta Bar Delta (DBD) ซึ่งเป็นวิธีปรับพารามิเตอร์ที่ค่อนข้างนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีทั้งสองปรับพารามิเตอร์ของโครงข่ายเพื่อให้ผลตอบจากระบบมีค่าลู่เข้าสู่ผลตอบจากแบบจำลองที่ระบุ เมื่อพารามิเตอร์ของกระบวนการต่างไปจากพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่ระบุ (ในตัวอย่างที่ 1 นั้นพารามิเตอร์ของกระบวนการคือ t_d และ a_0 และพารามิเตอร์ของกระบวนการสำหรับตัวอย่างที่ 2 คือ g และ l) ในการวิจัยได้ทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการในขอบเขตที่ค่อนข้างกว้าง แต่ผลการชดเชยก็ยังสามารถทำให้ค่าผิดพลาด (มีฟังก์ชันต้นทุนเป็นดังสมการ (4-6)) ลดลงได้ เพียงแต่ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลง (robustness) นั้น โครงข่ายที่มีจำนวนเวฟลอนมากกว่ามักจะมีความคงทนสูงกว่าโครงข่ายที่มีจำนวนเวฟลอนน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ดี ความคงทนที่สูงกว่าก็ย่อมต้องแลกมาด้วยเวลาที่มากขึ้นในการคำนวณการปรับพารามิเตอร์ของโครงข่ายทั้งขณะก่อนการใช้งานและในขณะใช้งานจริงอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากประสบการณ์ที่ได้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยใคร่บอกกล่าวถึงปัญหาที่พบพร้อมทั้งใคร่ขอเสนอวิธีหรือแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวดังนี้

1. เนื่องด้วยวิธีการให้ค่าเริ่มต้น (initialization) สำหรับพารามิเตอร์ของโครงข่ายนั้นอยู่ในลักษณะการสุ่ม (random) ผลที่ได้ก็ยังให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ผู้วิจัยคิดว่าน่าจะมีวิธีการให้ค่าเริ่มต้นที่ดีกว่าการสุ่ม โดยอาจใช้ทฤษฎีเวฟเล็ตที่ซับซ้อนในการคำนวณ ซึ่งผลที่ได้น่าจะให้ผลการเรียนรู้ที่ดีกว่า กล่าวคือให้ค่าฟังก์ชันต้นทุนที่ต่ำกว่าด้วยจำนวนรอบในการปรับพารามิเตอร์ของโครงข่ายที่น้อยกว่า ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาได้อีกมาก

2. วิธีการปรับพารามิเตอร์ของโครงข่ายก่อนการใช้งานและในขณะใช้งานในวิทยานิพนธ์นี้อาจเป็นวิธีที่ไม่ทันสมัยหรืออาจไม่ดีเท่าที่ควร ในอนาคตอันใกล้น่าจะมีวิธีการเรียนรู้ที่ใช้เวลาคำนวณน้อยกว่าวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้

3. เวฟเล็ตแม่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ยังอาจไม่เป็นเวฟเล็ตแม่ที่ดีที่สุด (optimum mother wavelet) ก็ได้ ผู้วิจัยคิดว่าน่าจะมีการวิจัยเพื่อหาเวฟเล็ตแม่ที่ดีที่สุดเพื่อให้เหมาะสมกับวิธีการควบคุมแบบนี้

4. จำนวนเวฟลอนที่ใช้ในโครงข่ายมีค่าที่แน่นอนไม่สามารถปรับตัวเองได้ กล่าวคือไม่สามารถเพิ่มหรือลดจำนวนเวฟลอนเองได้ ทั้งนี้โครงข่ายที่สามารถปรับจำนวนเวฟลอนเองได้จะทำให้ความสามารถในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น เนื่องจากจะได้จำนวนเวฟลอนที่เหมาะสมทำให้จำนวนพารามิเตอร์ของโครงข่ายที่ต้องปรับไม่มากหรือน้อยเกินไป ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและให้ค่าฟังก์ชันต้นทุนที่ต่ำ

5. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีเวฟเล็ตในวิทยานิพนธ์นี้เป็นแค่วิธีการหนึ่งเท่านั้น ผู้วิจัยยังหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้ที่ได้ศึกษาทฤษฎีเวฟเล็ตในอนาคตจะสามารถนำทฤษฎีนี้ไปประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมในแบบอื่น ๆ ต่อไป