บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันตัวควบคุมแบบดิจิตอล (Digital Controller) เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการควบคุมคุณภาพและกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงในขณะที่ราคาถูกลง อีกทั้งการพัฒนาวิธีการควบคุมแบบใหม่ๆเป็นไปได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในระบบควบคุม อาศัยการตรวจวัดค่าสัญญาณต่างๆของระบบที่จำเป็นในการออกแบบตัวควบคุมเพื่อให้ได้สัญญาณควบคุมที่ถูกต้องและแม่นยำ แต่การออกแบบตัวควบคุมจำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการเชิงอนุพันธ์ (Differential Equation) หรือสมการผลต่างสืบเนื่อง (Difference Equation) ที่เหมาะสมแทนระบบจริง ในทางปฏิบัติแล้วระบบควบคุมเช่น ระบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear System) ฯลฯ มีความซับซ้อนเกินกว่าที่จะแทนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ทำให้ไม่สะดวกในการออกแบบตัวควบคุม ดังนั้นจึงมีการพัฒนาการออกแบบตัวควบคุมซึ่งอาศัยการเลียนแบบการใช้สมองในการตัดสินปัญหาของมนุษย์โดยใช้ประสบการณ์และข้อมูลพื้นฐานหลังจากได้รับการฝึก แนวคิดดังกล่าวเรียกว่า “ข่ายงานระบบประสาท” หรือหลังจากนี้จะกล่าวแทนด้วย "เครือข่ายนิวรอน"

เครือข่ายนิวรอนเป็นแนวความคิดในการสร้างอัลกอลิทึมการคำนวนจำลองลักษณะการทำงานของเซลประสาทในสมอง ให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ไม่ต้องการขบวนการนิยามที่เด่นชัดเช่นปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไป รวมไปถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีความซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถกำหนดให้เด่นชัดได้ว่าฟังก์ชันของความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นอย่างไร หรือปัญหาที่ต้องมีการคาดเดาคำตอบเมื่อข้อมูลอินพุตมีการผิดเพี้ยน ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานในระบบควบคุม เช่น การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง [28], การควบคุม Stirred tank reactor [32], การควบคุมแขนหุ่นยนต์ [7] ฯลฯ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประยุกต์เครือข่ายนิวรอนในการควบคุมแบบปรับตนเอง เริ่มจากการนำเสนอของ Narendra, K.S. และ Parthasarathy, K. [20] ในปี ค.ศ. 1990 โดยการใช้เครือข่ายนิวรอนในการควบคุมแบบ Model-Reference Adaptive Control (MRAC) และทดสอบผลโดยวิธี Simulation กับระบบที่เป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น ในขณะที่ Chen, F.C. [6] ได้เสนอการใช้เครือข่ายนิวรอนในการทำ Self Tuning Adaptive Control กับระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งเขียนอยู่ในรูปของสมการไม่ต่อเนื่องและไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของระบบ (Unknown discrete-time nonlinear system)

ในปี ค.ศ. 1991 Weerasoriya, S. และ Sharkawi, E.L. [28] ใช้หลักการ MRAC ของ Narendra, K.S. ในการควบคุมความเร็วของแบบจำลองมอเตอร์กระแสตรง

ต่อมาปี ค.ศ. 1993 Cui, X. และ Shin, K.G. [7] ทดสอบเครือข่ายนิวรอนในการควบคุมแบบ Direct Adaptive Control ระบบควบคุมที่มีส่วนไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งได้แก่ เขตไร้ผลสนอง (Dead Zone) และระบบที่มีการประวิงเวลา (Time Delay) ในปีเดียวกัน Nordgren, R.E. และ Meckl, P.H. [21] ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะของความเหมือนและแตกต่างของกฎการเรียนรู้และกฎการปรับเปลี่ยน (Learning/Adaptive Law) และสมรรถนะของระบบ รวมทั้งเทคนิคการวิเคราะห์เสถียรภาพของ Lyapunov ซึ่งนำมาใช้ใน Adaptive Law ของเครือข่ายนิวรอนที่นำมาใช้เป็นตัวควบคุม ระหว่าง Neural Network Inverse Dynamics Controller กับ Model-Based Adaptive Controller (Computed - Torque Type) อีกด้วย ต่อมา Jin, L., Nikiforuk, P.N. และ Gupta, M.M. [14] ได้เสนอ Direct Adaptive Output Tracking Control โดยใช้เครือข่ายนิวรอนแบบสองชั้น โดยอาศัยหลักการเดียวกันกับ Chen, F.C

ในปี ค.ศ. 1994 Jin, L., Nikiforuk, P.N. และ Gupta, M.M. [13] ได้ประยุกต์ใช้ Recurrent Neural Network ในการประมาณพลวัตของระบบซึ่งอยู่ในรูปของสมการที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete Time System) กับการควบคุมแบบ MRAC ซึ่งมีศักยภาพดีกว่าเครือข่ายนิวรอนแบบเก่า ต่อมา Yang, Y.Y. และ Linkens, D.A. [32] ได้ใช้ On-line Adaptive Neural Network Controller ควบคุมระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยทดสอบกับ Stirred

Tank Reactor ถัดมา Sastry, P.S., Santharam, G. และ Unnikrishman, K.P. [26] ได้ประยุกต์ใช้ Memory Neural Network ซึ่งเป็นเครือข่ายนิวรอนที่มีโครงสร้างผสมระหว่าง Recurrent Neural Network กับ Feedforward Neural Network ในระบบควบคุมแบบ MRAC โดยใช้วิธี Differentiating the model หรือ Forward and inverse modeling ในการปรับตัวควบคุม

ในปี ค.ศ. 1995 Irwin, G.W และ Lightbody, G. [12] ได้เสนอ Direct Neural Model Reference Adaptive control ในการประยุกต์ใช้ควบคุมกับ Stirred Tank Reactor

งานวิจัยที่ผ่านส่วนมากทดสอบการทำงานของระบบควบคุมที่ใช้เครือข่ายนิวรอนด้วยวิธี Simulation ดังนั้นการประยุกต์ใช้เครือข่ายนิวรอนกับระบบควบคุมในเวลาจริงจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ งานวิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ รวมไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขเมื่อประยุกต์ใช้เครือข่ายนิวรอนกับระบบควบคุมในเวลาจริง โดยระบบควบคุมที่ใช้เป็นแบบ Model-Reference Adaptive Control [26] เครือข่ายนิวรอนดังกล่าวได้รับการพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม Borland C++ เวอร์ชัน 3.1 และทดสอบระบบควบคุมดังกล่าวกับกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนเปรียบเทียบผลตอบกับระบบควบคุมแบบพีไอดีเชิงเลข

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์

1. เพื่อเป็นการศึกษาการนำเครือข่ายนิวรอนมาใช้ในการควบคุมแบบปรับตัวเอง
2. เพื่อเป็นการนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบแลกเปลี่ยนความร้อน

1.3 ขอบเขตงานวิทยานิพนธ์

ประยุกต์ใช้เครือข่ายนิวรอนในการควบคุมกับกระบวนแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger Process) ในเวลาจริง โดยการดำเนินงานจะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. การสร้างโปรแกรมสำหรับการเรียนรู้ด้วยเครือข่ายนิวรอนด้วยโปรแกรม Borland C++ เวอร์ชัน 3.1 ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ MS-DOS เวอร์ชัน 6.22 โปรแกรมดังกล่าวสามารถ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำหนดจำนวนปมในชั้นอินพุต ชั้นซ่อนภายในและชั้นเอาต์พุต รวมทั้งจำนวนชั้นของเครือข่ายนิวรอนได้ตามต้องการ

2. การฝึกเครือข่ายนิวรอนให้เรียนรู้ในส่วนที่เป็นการหาเอกลักษณ์ (Identification) และตัวควบคุม (Controller) โดยชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกได้จากการเก็บข้อมูลจากกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีการเปรียบเทียบหาจำนวนชั้นและจำนวนปมของเครือข่ายนิวรอนที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมระบบแลกเปลี่ยนความร้อนในเวลาจริง

3. การทดสอบระบบควบคุมที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Borland C++ ซึ่งทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีวงจรอุปกรณ์ต่อร่วม (Interface Circuit) เพื่อเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน

4. สรุปและวิเคราะห์ผล พิจารณาถึงข้อดี ข้อเสีย รวมทั้งข้อจำกัดของระบบควบคุมที่ใช้เครือข่ายนิวรอน เปรียบเทียบกับการควบคุมแบบพีไอดี

1.4 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาจำนวน 5 บท โดยมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

บทที่ 1 ความสำคัญของปัญหา และขอบเขตงานวิทยานิพนธ์เบื้องต้น

บทที่ 2 ทฤษฎีเครือข่ายนิวรอนขั้นพื้นฐาน

บทที่ 3 ทฤษฎีระบบควบคุมแบบปรับตัวเองเบื้องต้นที่นำมาประยุกต์ใช้กับระบบที่ใช้เครือข่ายนิวรอนเป็นตัวควบคุม รวมไปถึงแนวคิดและวิธีในการออกแบบตัวควบคุมดังกล่าว

บทที่ 4 ลักษณะโดยทั่วไปของกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนที่นำมาศึกษา และการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นตัวควบคุมกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน รวมถึงการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมที่ใช้เครือข่ายนิวรอน และระบบควบคุมแบบพีไอดี

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ได้เรียนรู้ถึงวิธีการประยุกต์ใช้เครือข่ายนิวรอนในระบบควบคุม ข้อดี ข้อเสีย รวมทั้งแนวทางการประยุกต์ใช้งานในเวลาจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย