

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและการออกแบบการทดลองเพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิคูรีของวัสดุแม่เหล็กเฟอร์ไรต์โดยใช้ข้อมูลที่จำลองสถานการณ์จากวิธีการมอนติคาร์โล เริ่มจากการสร้างแบบจำลองโครงข่ายที่ดีที่สุด แล้วฝึกโครงข่ายด้วยทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ จากนั้นจึงให้โครงข่ายทำนายค่าเอาต์พุตของระบบ และนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาอุณหภูมิคูรี ถ้าค่าอุณหภูมิคูรีที่ได้มีค่าผิดพลาด $\pm 0.01 \text{ J/k}_B$ จะทำการทดสอบทางสถิติโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน จากนั้นทำการวิเคราะห์แบบจำลองว่าอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์เชิงเส้นในทางสถิติหรือไม่ แล้วทำการสรุปและรายงานผล แต่ถ้าค่าอุณหภูมิคูรีมีค่าผิดพลาดไม่อยู่ในช่วง $\pm 0.01 \text{ J/k}_B$ ก็จะกลับไปแก้ไขข้อผิดพลาดแล้วเริ่มต้นฝึกโครงข่ายใหม่

อนึ่งในการทดลองเริ่มต้น ซึ่งเป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจะเริ่มจากการออกแบบการทดลองแล้วทำการทดลองที่ค่าองค์ประกอบต่างๆของโครงข่าย ซึ่งจากการทำวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจะใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ซึ่งกำหนดปัจจัยศึกษาที่มีผลต่อการสร้างแบบจำลองไว้ 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ คือ จำนวนโนดในชั้นซ่อนที่ 1 ระดับต่ำเท่ากับ 2 ระดับสูงเท่ากับ 10 จำนวนโนดในชั้นซ่อนที่ 2 ระดับต่ำเท่ากับ 0 ที่ระดับสูงเท่ากับ 6 อัตราการเรียนรู้ระดับต่ำเท่ากับ 0.001 ระดับสูงเท่ากับ 0.1 ค่าโมเมนตัมระดับต่ำเท่ากับ 0 ระดับสูงเท่ากับ 0.8 และสรุปผลได้ดังนี้

1. จำนวนโนดในชั้นซ่อนที่ 1 ระดับต่ำ จำนวนโนดในชั้นซ่อนที่ 2 ระดับสูง และจำนวนชั้นซ่อน 2 ชั้น ให้ค่าผิดพลาดของโครงข่ายต่ำสุด
2. อัตราการเรียนรู้และค่าโมเมนตัมที่ระดับต่ำให้ค่าผิดพลาดของโครงข่ายต่ำที่สุดเช่นกัน

จากการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจะได้ว่าระบบโครงข่ายที่มีการเรียนรู้ดีที่สุดคือ แบบจำลองที่ประกอบด้วยจำนวน

โหนดในชั้นซอคนที่หนึ่งเท่ากับ 10 โหนด ชั้นซอคนที่สองเท่ากับ 6 โหนด อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.1 ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.8 ซึ่งโครงข่ายฯ ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนข้อมูลแบบซิกมอยด์และแบบจำลอง ได้ให้ค่าผิดพลาดในการทำนาย 0.002364

6.1.2 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและการคำนวณค่าอุณหภูมิคูรี

- 1 จากข้อมูลที่มีความแตกต่างในระดับขนาดสเกลจึงต้องปรับสเกลของชุดข้อมูลให้มีขนาดแตกต่างกัน 9 รูปแบบหรือชุดข้อมูล จากนั้นทำการฝึกโครงข่ายฯ ซึ่งจากงานวิจัยนี้พบว่า แบบจำลองที่ให้ค่าผลลัพธ์ดีเป็นแบบจำลองที่มีการปรับค่าด้วยขนาดเดียวกันทั้งหมด
- 2 เมื่อได้แบบจำลองที่มีค่าผิดพลาดต่ำสุดแล้วจึงสร้างชุดข้อมูลเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมทำนายค่าเอาท์พุทโดยกำหนดอินพุทได้แก่ ขนาดของระบบที่อยู่ในช่วง 10 ถึง 50 จุดแลตทิซ ส่วนค่าอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 2 ถึง 2.5 J/k_B โดยให้ค่าเพิ่มมีความละเอียดได้ถึงค่าทศนิยมอันดับที่ 5 (เนื่องจากการกำหนดอินพุทจะต้องเตรียมข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel ซึ่งโปรแกรมมีขีดความสามารถที่จะรองรับข้อมูลได้มากที่สุดประมาณ 50000 แถว ดังนั้นค่าอุณหภูมิที่กำหนดจึงจำกัดค่าถึงทศนิยมอันดับที่ 5) แล้วจึงทำการประมวลผลโดยแบบจำลองต่างๆของโครงข่ายฯ
- 3 จากนั้นนำค่าคิวมูแลนต์อันดับที่ 4 ที่ได้ทั้งหมด มาคำนวณหาค่าอุณหภูมิ ณ จุดตัดระหว่างระบบแต่ละขนาดกับขนาดระบบอื่นๆ ซึ่งจะทำการศึกษาค่าจุดตัดของระบบ 4 ขนาด เริ่มจากระบบขนาดเท่ากับ 10 ถึง 25 จุดแลตทิซ และค่าจุดตัดจะเลือกได้จากตำแหน่งที่มีขนาดของค่าความแตกต่างที่น้อยที่สุดของคิวมูแลนต์ตำแหน่งนั้น
- 4 จากค่าอุณหภูมิจุดตัดที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลทุกชุด จะนำมาคำนวณหาค่าอุณหภูมิคูรีเฉลี่ยแล้วทดสอบด้วยสถิติ t และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองที่ 6 ให้ค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวแทนของอุณหภูมิคูรีที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานโดยประมาณ คือ 2.2692 J/k_B และเป็นค่าเฉลี่ยที่ขนาดระบบ $L=15$ $L=20$ $L=25$ จุดแลตทิซ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.2695 ± 0.0015 J/k_B ถ้าพิจารณาจากตารางที่ 4.4 และ 4.5 ในบทที่ 4 แบบจำลองที่ 6 เป็นแบบจำลองที่มีการปรับขนาดข้อมูลด้วยขนาดเท่ากันคือ คูณ 10 เท่า ดังนั้นขนาดระบบจะมีค่าอยู่ในช่วง 100-500 จุดแลตทิซ และค่าอุณหภูมิจะมีค่าอยู่ในช่วง 20-25 J/k_B

6.1.3 การตรวจสอบแบบจำลองการถดถอย

จากการทดลองซึ่งจะได้ว่าการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลบางชุดมีค่าวิกฤตมากกว่าระดับนัยสำคัญหรือข้อมูลไม่ได้มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น แต่เนื่องจากวิธีการทำวิจัยจำเป็นต้องใช้วิธีวิเคราะห์เชิงเส้นตรง ในกรณีเช่นนี้จึงต้องทำการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองว่าเป็นไปตามข้อสมมติต่างๆที่กำหนดไว้สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหรือไม่ เช่น ลักษณะการเป็นเชิงเส้น ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนมีลักษณะคงที่เท่ากับ σ^2 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนเป็นต้น จากการตรวจสอบแบบจำลองดังกล่าวผลสรุปที่ได้คือ แบบจำลองที่ 5, 6, 7 และ 8 มีความเหมาะสมของแบบจำลอง เพราะเป็นไปตามข้อสมมติของลักษณะเชิงเส้นและการวิเคราะห์ทางสถิติ

6.2 วิจารณ์การทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการ โครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้สร้างแบบจำลองระบบค่าอุณหภูมิคูรีของวัสดุแม่เหล็กเฟอร์โร เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของวิธีการมอนติคาร์โล ซึ่งโครงข่ายฯ สามารถคำนวณงานที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำในรูปแบบการคำนวณที่ไม่เป็นเชิงเส้นและสามารถคำนวณค่าได้ที่ระดับความละเอียดของทศนิยมอันดับที่ 5 ซึ่งวิธีการมอนติคาร์โลไม่สามารถทำได้ โดยวิเคราะห์ค่าได้ที่ความละเอียดของทศนิยมอันดับที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียมสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของระบบและค่าอุณหภูมิที่มีต่อค่าคิวมูแลนต์อันดับที่ 4 อย่างไรก็ดี วิธีการนี้มีข้อจำกัด คือ ค่าเอาท์พุตที่ได้จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างที่เหมาะสมของแบบจำลองเท่านั้น ซึ่งการฝึกโครงข่ายฯเพื่อให้ได้ค่าผิดพลาดต่ำสุดจะต้องใช้เวลา จำนวนรอบมาก ทั้งเกิดปัญหาจากการแหว่งของระบบและการฝึกมากเกินไป การหาโครงสร้างที่ดีที่สุดสำหรับแบบจำลองโครงข่ายฯ นั้นไม่สามารถกำหนดและอธิบายได้ในรูปแบบสมการทั่วไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดเช่น จำนวนโหนด จำนวนชั้นซ่อน อัตราการเรียนรู้และค่าโมเมนตัม หลังจากได้แบบจำลองแล้วจึงได้ทำนายค่าเอาท์พุตที่ระบบขนาดต่างๆซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าของปัจจัยนำเข้าที่กำหนด จากค่าเอาท์พุตดังกล่าวจะนำมาวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิคูรีโดยใช้เทคนิคสถิติและการวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งค่าที่วิเคราะห์ได้มีความแม่นยำถึงระดับนัยสำคัญตำแหน่งที่สามเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้สร้างแบบจำลองเพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิคูรีได้อย่างมีประสิทธิภาพดังกล่าว

จากการทำงานวิจัยนี้ ได้มีการนำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการในระดับประเทศ ได้แก่ การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม (IE network Conference 2007) ณ โรงแรม The

Royal Phuket City จังหวัดภูเก็ต ระหว่างวันที่ 24-26 ตุลาคม 2550 ส่วนในระดับนานาชาติได้
เขียนบทความทางวิชาการเพื่อตีพิมพ์เรื่อง “ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS
PARAMETERS OPTIMIZATION WITH DESIGN OF EXPERIMENTS: AN APPLICATION
IN FERROMAGNETIC MATERIALS MODELING”

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากการทำวิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

- 1 ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยระบบโครงข่ายประสาทเทียมควรจะมีการนำไปทดลอง
ในห้องปฏิบัติการเพื่อการประยุกต์ใช้งานได้จริง
- 2 ในการพัฒนางานวิจัยต่อไปอาจใช้วิธีการอื่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีโครงข่าย
ประสาทเทียมเพื่อเป็นการขยายองค์ความรู้ของงานต่อไป