



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อศึกษาการเรียนรู้ของช่างงานนิวรรต โดยได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ผลไว้แล้วนั้น สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) ในการเรียนรู้โอปะเรเตอร์ XOR และ กระบวนการทางวิศวกรรมเคมี โดยให้ช่างงานนิวรรตเรียนรู้แบบ การกระจายความผิดพลาดย้อนกลับนั้น ใช้ฟังก์ชันกระตุ้นแบบซิกมอยด์ จะให้ผลในการเรียนรู้ได้รวดเร็วกว่า และให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายได้ดีกว่า ฟังก์ชันกระตุ้นแบบไบโพลาร์ ที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหมือนกัน

2) การเลือกแบบจำลองในการให้ช่างงานนิวรรตได้เรียนรู้พบว่า แบบจำลองเชิงอนุกรม-ขนานแบบทั่วไป (general series-parallel model) จะให้สมรรถนะในการเรียนรู้ได้ดีกว่า แบบจำลองเชิงขนานแบบไม่วกกลับ เนื่องจากช่างงานนิวรรตได้ค่าเป้าหมายของกระบวนการในอดีตมาเป็นค่าอินพุต ทำให้มีแนวทางในการเรียนรู้ได้ดี ในขณะที่ แบบจำลองเชิงขนานแบบไม่วกกลับ (nonrecurrent parallel model) จะให้ผลการเรียนรู้ได้ดีพอสมควร แต่ให้ผลการทดสอบการเรียนรู้ด้วยข้อมูลชุดทดสอบ (cross validation) แล้วผลไม่ดีเท่าที่ควร

3) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเช่น ค่าอัตราการเรียนรู้, ค่าโมเมนตัม และค่าจำนวนหน่วยฮิดเดน ในชั้นฮิดเดนนั้น ต้องเลือกค่าตามแต่กรณี โดยการทดลองที่ผ่านมาได้ทำให้เป็นแนวทางในการหาโครงสร้างของข่ายงานนิวรัลที่เหมาะสมที่สุด เช่น การเรียนรู้โอปะเรเตอร์ XOR ตามการทดลองหัวข้อที่ 4.1 และ การเลือกแบบจำลองเชิงอนุกรม-ขนานแบบทั่วไป เพื่อให้ข่ายงานนิวรัลได้ศึกษาระบบการไหลของของไหลตามแรงโน้มถ่วง ดังการทดลองในหัวข้อที่ 4.2.2 ที่ได้เปรียบเทียบ โครงสร้างข่ายงาน และพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่า สำหรับโครงสร้างที่มีหน่วยอินพุต 6 หน่วย หน่วยเอาต์พุต 1 หน่วย แล้วจำนวนหน่วยฮิดเดนที่เหมาะสมในการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเชิงอนุกรม-ขนานแบบทั่วไป เพื่อให้ข่ายงานนิวรัลได้ศึกษาระบบการไหลของของไหลตามแรงโน้มถ่วง มีค่า 5 หน่วย ในขณะที่พารามิเตอร์ที่เหมาะสมคือ อัตราการเรียนรู้ = 0.05 และ แฟคเตอร์โมเมนตัม = 0.85 อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติสำหรับการเรียนรู้ระบบอื่น ก็ต้องหาโครงสร้างของข่ายงานนิวรัล และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใหม่ อีกครั้ง

4) โครงสร้างของข่ายงานนิวรัลที่มีจำนวนชั้นฮิดเดน 2 ชั้น ดังการทดลองในหัวข้อที่ 4.3 พบว่า โครงสร้างดังกล่าว ไม่ได้ช่วยในส่วนของความเร็ว หรือ ความแม่นยำ ในการเรียนรู้ของข่ายงานเลย ในทางตรงกันข้าม ข่ายงานนิวรัล ต้องคำนวณค่าน้ำหนักที่เชื่อมโยงระหว่างนิวรอนมากกว่า ทำให้เสียเวลาในการเรียนรู้มากกว่าการใช้ข่ายงานที่ชั้นฮิดเดน เพียงชั้นเดียว อย่างไรก็ตาม โครงสร้างที่มีชั้นฮิดเดนมากกว่า 1 ชั้น อาจมีความเหมาะสมกับระบบอื่นที่ซับซ้อน มากกว่า

5) ลักษณะข้อมูลที่ให้ข้างงานนิวรรตได้เรียนรู้แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

ก. ข้อมูลที่มีตัวแปรหลายอินพุท ที่สอดคล้องกัน แต่มีผลลัพธ์รวม 1 ค่า เช่น การโอเพอเรเตอร์ XOR ข้อมูลประเภทนี้ ใช้แบบจำลองการเรียนรู้เชิงขนานแบบไม่วกกลับ หรือเชิงอนุกรม-ขนานแบบทั่วไป ก็ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันนัก

ข. ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทกับเอาต์พุทแบบ 1:1 เช่น ในถังกวนแบบต่อเนื่องที่มีอุณหภูมิไม่คงที่ กำหนดให้ตัวแปรทุกตัวคงที่ แล้วปรับค่าตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง จะได้การตอบสนองออกมาจากระบบตามค่าอินพุทที่เปลี่ยนไป นั่นคือ ถ้ามีอินพุท  $n$  ค่า ก็จะมีค่าเอาต์พุท  $n$  ค่าด้วยเช่นกัน ข้อมูลแบบนี้ควรใช้แบบจำลองการเรียนรู้แบบอนุกรม-ขนานแบบทั่วไป เพราะข้อมูลมีการเบี่ยงเบนสูง และได้ค่าเอาต์พุทในอดีต จากกระบวนการมาเป็นแนวทางในการเรียนรู้

## 5.2 วิจารณ์การทดลอง

ความยุ่งยากที่เกิดขึ้นในการทำซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ สำหรับศึกษาการเรียนรู้ของช่างงานนิเวิร์ล ต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจในเชิงวิชาการหลายส่วน เริ่มตั้งแต่แนวความคิดในการเรียนรู้นั้น ใช้วิธีการลดค่าความแตกต่างระหว่างค่าเอาต์พุต จากช่างงานนิเวิร์ลกับ ค่าเป้าหมาย นั่นคือ วิธีการทำออปติไมเซชัน ที่ใช้การหาทิศทางในการลดค่าความแตกต่างแบบเกรเดียนต์ นอกจากนี้ ต้องมีความสามารถในการนำคอมพิวเตอร์มาแก้ปัญหาเชิงตัวเลข (Numerical) ได้ ทำให้เมื่อทำการศึกษาศาสตร์ด้านนี้เป็นไปด้วยความลำบาก เนื่องจากเมื่อทำการทดลองออกมาแล้ว ในการวิเคราะห์ผลอาศัยเพียงค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ระหว่างค่าเป้าหมายกับผลลัพธ์จากช่างงานนิเวิร์ล จึงมีโอกาที่จะทำการวิเคราะห์ผลออกมาผิดพลาดในการที่จะเลือกค่าพารามิเตอร์หรือแบบจำลองการเรียนรู้ที่เหมาะสม

งานการวิจัย เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมา เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา โดยเปิดกว้างในส่วนของารรับข้อมูล ที่ผู้ใช้สามารถป้อนเข้าไปโดยตรง หรือ เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ในกระบวนการต่างๆ ที่ได้บรรจุไว้ในโปรแกรม เพื่อหาผลลัพธ์ค่าใหม่ ให้ช่างงานนิเวิร์ลได้เรียนรู้ ทั้งนี้ผู้ใช้ยังสามารถเขียนฟังก์ชันย่อยเข้าไปอินเตอร์เฟสกับโปรแกรมได้โดยตรง นอกจากนี้ภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ยังได้จัดเตรียมในส่วนของ แบบจำลองต่างๆ ในการเรียนรู้ ของช่างงานนิเวิร์ล และพารามิเตอร์ที่สำคัญในการเรียนรู้ ทำให้ผู้ใช้สามารถศึกษาพื้นฐานของช่างงานนิเวิร์ลได้หลากหลายแนวทาง