

บทที่ 5

การจำลอง ผลการจำลอง และการวิเคราะห์ผลการจำลอง

การสร้างแบบจำลองข่ายงานนิวรัลนั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ใช้ฝึกข่ายงานนิวรัลให้เรียนรู้และการเรียนรู้ของข่ายงานนิวรัลนั้น จากบทนี้จะกล่าวถึงวิธีขั้นตอนการจำลองในการสร้างข่ายงาน ผลการจำลองในการทำนายค่าอัตราการใช้และความหนาแน่นของพอลิเมอร์ และการวิเคราะห์ผลการจำลอง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้ข่ายงานนิวรัลแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้นในการสร้างแบบจำลองการทำนายค่าอัตราการใช้และความหนาแน่นของโพลีเอทิลีน งานวิจัยนี้เป็นความร่วมมือกับบริษัทบางกอกโพลีเอทิลีนจำกัด (มหาชน) ที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลวิจัยจะถือเป็นความลับของบริษัทเท่านั้น

5.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับข่ายงานนิวรัลในกระบวนการผลิตโพลีเอทิลีน

การออกแบบการจำลองและขั้นตอนการออกแบบการจำลองนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญเนื่องจากจะต้องเลือกชนิดอินพุตและอันดับการเปลี่ยนแปลงอินพุตที่มีผลต่อค่าเอาต์พุตที่ต้องการทำนายและหลังจากนั้นให้เลือกข่ายงานนิวรัลที่เหมาะสมที่จะใช้ในการเรียนรู้ โดยงานวิจัยนี้จะใช้ข่ายงานแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้น (multilayered feed forward networks) ในการทำนายค่าอัตราการใช้ (MFR) และค่าความหนาแน่นของการผลิตโพลีเอทิลีน ซึ่งอัลกอริทึมที่ใช้ในการฝึกข่ายงานคือ อัลกอริทึมแบบการกระจายความผิดพลาดย้อนกลับ (error back propagation algorithm) ชนิด Levenberg-Marquardt โดยข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 3 ชุด คือ

- (1) ชุดแรกเป็นชุดข้อมูลในการฝึกข่ายงาน
- (2) ชุดที่ 2 เป็นชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบความพึงพอใจของข่ายงานที่สร้างขึ้นมา
- (3) ชุดสุดท้ายเป็นชุดในการทดสอบการใช้งานออนไลน์ในโรงงานจริง

การเลือกพารามิเตอร์ที่เป็นอินพุตและเอาต์พุต

McAuley และคณะ (1990) ได้เสนอแบบจำลองในการทำนายค่าดัชนีอัตราการใช้และความหนาแน่นโดยใช้สมการทางพลศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบจำลองของกระบวนการปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันในการผลิตโพลีเอทิลีน ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ Ziegler-Natta

- MI = ดัชนีอัตราการไหล
 T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ในเครื่องปฏิกรณ์
 $[M_1]$ = ค่าความเข้มข้นเอททิลีนในสถานะก๊าซ
 $[M_2]$ = ค่าความเข้มข้นโคโมโนเมอร์ เช่น โพรพิลีน และ บิวทีน ในสถานะก๊าซ
 $[M_3]$ = ค่าความเข้มข้นของสารไฮโดรคาร์บอนที่สูงกว่าบิวทีนในสถานะก๊าซ
 $[H_2]$ = ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนในสถานะก๊าซ
 $[I]$ = ค่าความเข้มข้นของสารเจือปนในสถานะก๊าซ
 R = ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา
 k_1, k_2, \dots, k_6 = ค่าคงที่ของแบบจำลองดัชนีอัตราการไหล
 p_1, p_2, \dots, p_6 = ค่าคงที่ของแบบจำลองความหนาแน่น

แบบจำลองดัชนีอัตราการไหล

$$\ln(MI) = k_7 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) + 3.5 \ln(k_6 + k_1 \frac{[M_2]}{[M_1]} + k_2 \frac{[M_3]}{[M_1]} + k_3 \frac{[H_2]}{[M_1]} + k_4 \frac{[R]}{[M_1]} + k_5 \frac{[I]}{[M_1]}) \quad \dots(5.1)$$

$$\ln(MI) \propto f(T, M1, M2, M3, H2, R) \quad \dots(5.2)$$

แบบจำลองความหนาแน่น

$$\rho = p_0 + p_1 \ln(MI) - \left(p_2 \frac{[M_2]}{[M_1]} + \frac{[M_3]}{[M_1]} \right)^{p_4} \quad \dots(5.3)$$

$$\rho = f(MI, M1, M2, M3) \quad \dots(5.4)$$

ข้อมูลที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตของกระบวนการผลิตโพลีเอททิลีนในงานวิจัยนี้อ้างอิงพารามิเตอร์ส่วนหนึ่งในงานวิจัยของ McAuley ได้แก่

- อุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์
- ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา
- ความเข้มข้นของไฮโดรเจนในสภาวะก๊าซ
- ความเข้มข้นของเอททิลีนในสภาวะก๊าซ
- ความเข้มข้นของโคโมโนเมอร์ในสภาวะก๊าซ

และจากอินพุตทั้ง 5 ตัวแปรได้นำมารวมกับตัวแปรอื่นสำหรับใช้เป็นอินพุตในแบบจำลองต่างๆโดย

มีดังต่อไปนี้

5.1.1 ชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลอง

ก. ข้อมูลสำหรับแบบจำลองที่ 1 และ 2 สำหรับการทำนายค่าอัตราการไหลในเครื่องปฏิกรณ์

ข้อมูลอินพุทของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 หรือ 2

1. อัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ (H_2/C_2)
2. เปอร์เซนต์ไฮโดรเจนในสถานะเฟสก๊าซ ($\%H_2$)
3. อัตราส่วนระหว่างบิวทีน/โพรพิลีนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ ($C_3/C_2, C_4/C_2$)
4. อัตราการไหลของโคโมโนเมอร์ (comonomer feed rate)
5. อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ (reactor temp)
6. ความดันของเครื่องปฏิกรณ์ (pressure reactor)
7. อัตราการไหลของสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst feed rate)
8. อัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยา (co-catalyst feed rate)
9. อัตราการไหลของเอทิลีน (ethylene feed rate)
10. อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารละลายต่ออัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยา
11. ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ ณ ชั่วโมงที่ผ่านมา

ข้อมูลเป้าหมายหรือเอาต์พุทที่ต้องการ

1. ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ (melt flow rate) ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 และที่ 2 ที่วัดได้จากห้องทดสอบคุณภาพ

ดังนั้นจะได้ว่าแบบจำลองที่ 1 มี input vector

จำนวนชุดข้อมูลอินพุทและเอาต์พุทสำหรับแบบจำลองที่ 1 : 1791 ชุด

- ชุดข้อมูลที่ใช้เป็นชุดข้อมูลในการฝึกช่ายงานเท่ากับ 1591 ชุด
- ชุดข้อมูลในการทดสอบช่ายงาน เท่ากับ 200

จำนวนรอบของการวนซ้ำในการฝึกช่ายงาน : 1000 รอบ

ความถี่ในการเก็บข้อมูล : 1 ชั่วโมง

จำนวนชุดข้อมูลอินพุทและเอาต์พุทสำหรับแบบจำลองที่ 2 : 1815 ชุด

- ชุดข้อมูลที่ใช้เป็นชุดข้อมูลในการฝึกช่ายงานเท่ากับ 1615 ชุด
- ชุดข้อมูลในการทดสอบช่ายงาน เท่ากับ 200

จำนวนรอบของการวนซ้ำในการฝึกช่ายงาน : 1000 รอบ

ความถี่ในการเก็บข้อมูล : 1 ชั่วโมง

ข. ข้อมูลสำหรับแบบจำลองที่ 3 สำหรับการทำนายค่าอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์

ข้อมูลอินพุต

1. อัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ (H_2/C_2) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
2. เปอร์เซนต์ไฮโดรเจนในสถานะเฟสก๊าซ ($\%H_2$) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
3. อัตราส่วนระหว่างบิวทีน/โพรพิลีนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ ($c_3/c_2, c_4/c_2$) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
4. อัตราการไหลของโคโมโนเมอร์ (comonomer feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
5. อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ (reactor temp) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
6. ความดันของเครื่องปฏิกรณ์ (pressure reactor) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
7. อัตราการไหลของสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
8. อัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยา (co-catalyst feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
9. อัตราการไหลของเอทิลีน (ethylene feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
10. อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารละลายต่ออัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยาของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
11. อัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ (H_2/C_2) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
12. เปอร์เซนต์ไฮโดรเจนในสถานะเฟสก๊าซ ($\%H_2$) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
13. อัตราส่วนระหว่างบิวทีน/โพรพิลีนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ $c_3/c_2, c_4/c_2$ ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
14. อัตราการไหลของโคโมโนเมอร์ (comonomer feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
15. อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ (reactor temp) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
16. ความดันของเครื่องปฏิกรณ์ (pressure reactor) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
17. อัตราการไหลของสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
18. อัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยา (co-catalyst feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
19. อัตราการไหลของเอทิลีน (ethylene feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
20. อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารละลายต่ออัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยาของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
21. อุณหภูมิของพอลิเมอร์ในรูปผง
22. อุณหภูมิของเรซินในเครื่องตัดเม็ด
23. ค่าแอมแปร์ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องตัดเม็ด

24. คำนวณน้ำหนักของที่เก็บผงพอลิเมอร์
25. ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ 1 ณ ชั่วโมงที่ผ่านมา
26. ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ 2 ณ ชั่วโมงที่ผ่านมา
27. ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด ณ ชั่วโมงที่ผ่านมา

ข้อมูลเป้าหมายหรือเอาท์พุทที่ต้องการ

1. ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ (melt flow rate) หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด ที่วัดได้จากห้องทดสอบคุณภาพ

จำนวนชุดข้อมูลอินพุทและเอาท์พุทสำหรับแบบจำลองที่ 3 : 1504 ชุด

- ชุดข้อมูลที่ใช้เป็นชุดข้อมูลในการฝึกช่ายงานเท่ากับ 1304 ชุด
- ชุดข้อมูลในการทดสอบช่ายงาน เท่ากับ 200

จำนวนรอบของการวนซ้ำในการฝึกช่ายงาน : 1000 รอบ

ความถี่ในการเก็บข้อมูล : 1 ชั่วโมง

ค. ข้อมูลสำหรับแบบจำลองที่ 4 สำหรับค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์

ข้อมูลอินพุท

1. อัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ (H_2/C_2) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
2. เปอร์เซนต์ไฮโดรเจนในสถานะเฟสก๊าซ ($\%H_2$) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
3. อัตราส่วนระหว่างบิวทีน/โพรพิลีนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ ($c_3/c_2, c_4/c_2$) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
4. อัตราการไหลของโคโมโนเมอร์ (comonomer feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
5. อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ (reactor temp) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
6. ความดันของเครื่องปฏิกรณ์ (pressure reactor) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
7. อัตราการไหลของสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
8. อัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยา (co-catalyst feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
9. อัตราการไหลของเอทิลีน (ethylene feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
10. อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารละลายต่ออัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยาของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1
11. อัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ (H_2/C_2) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
12. เปอร์เซนต์ไฮโดรเจนในสถานะเฟสก๊าซ ($\%H_2$) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2

13. อัตราส่วนระหว่างบิวทีน/โพรพิลีนและเอทิลีนในสถานะเฟสก๊าซ ($c_3/c_2, c_4/c_2$) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
14. อัตราการไหลของโคโมโนเมอร์ (comonomer feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
15. อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ (reactor temp) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
16. ความดันของเครื่องปฏิกรณ์ (pressure reactor) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
17. อัตราการไหลของสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
18. อัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยา (co-catalyst feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
19. อัตราการไหลของเอทิลีน (ethylene feed rate) ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
20. อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารละลายต่ออัตราการไหลของสารช่วยเร่งปฏิกิริยาของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
21. อุณหภูมิของพอลิเมอร์ในรูปผง
22. อุณหภูมิของเรซินในเครื่องตัดเม็ด
23. ค่าแอมแปร์ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องตัดเม็ด
24. ค่าน้ำหนักของที่เก็บผงพอลิเมอร์
25. ค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด ณ ชั่วโมงที่ผ่านมา

ข้อมูลเอาต์พุต

1. ค่าอัตราการไหลของความหนาแน่นของ (melt flow rate) ที่วัดได้จากห้องทดสอบคุณ

ภาพ

จำนวนชุดข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตสำหรับแบบจำลองที่ 4 : 1505 ชุด

- ชุดข้อมูลที่ใช้เป็นชุดข้อมูลในการฝึกช่ายงานเท่ากับ 1305 ชุด
- ชุดข้อมูลในการทดสอบช่ายงาน เท่ากับ 200

จำนวนรอบของการวนซ้ำในการฝึกช่ายงาน : 1000 รอบ

ความถี่ในการเก็บข้อมูล : 1 ชั่วโมง

ง. ข้อมูลสำหรับทดสอบการเขียนโปรแกรม

ก่อนที่จะนำโปรแกรมใช้สร้างแบบจำลองการทำนายค่าอัตราการไหลและค่าหนาแน่นของกระบวนการผลิตโพลีเอทิลีนจะทำการทดสอบการเขียนโปรแกรมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำนายความเข้มข้นของเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง (รายละเอียดของเครื่องปฏิกรณ์ถึงกวนแบบต่อเนื่อง CSTR ดังภาคผนวก ง.) โดยมีชุดข้อมูลในการทดสอบโปรแกรมจำนวน 2 ชุด ชุดที่ 1 คือกำหนดค่าตัวแปรต่างๆคงที่และทำการเปลี่ยนแปลงอย่างสุ่มของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น $\pm 15\%$ ของค่าที่สภาวะคงตัว ส่วนชุดที่ 2 เพิ่มเติมจากชุดที่ 1 คือให้มีการรบกวนจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น $\pm 10\%$ ของค่าคงที่

สภาวะคงตัว โดยทำการบันทึกค่าความเข้มข้นของสาร A ที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์, C_A ในทุกๆ 0.01 นาทีเป็นเวลา 20 นาที จะได้ข้อมูลที่สอดคล้องกันในแต่ละชุดระหว่างค่าอินพุตกับเอาต์พุต จำนวน 2001 ค่า แล้วทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก จำนวน 1801 ค่าใช้เป็นชุดข้อมูลในการฝึกช่ายงานนิวิรัล และอีกส่วนหนึ่งจำนวน 200 ค่าใช้เพื่อทดสอบช่ายงานนิวิรัล

ข้อมูลอินพุต

1. ค่าอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ที่เวลา t
2. ค่าย้อนหลังของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่เวลา $t-1$,
3. ค่าย้อนหลังของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่เวลา $t-2$
4. ค่าความเข้มข้นของสาร A ในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลา $t-1$
5. ค่าความเข้มข้นของสาร A ในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลา $t-2$
6. ค่าความเข้มข้นของสาร A ในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลา $t-3$

ข้อมูลเอาต์พุต

ค่าความเข้มข้นของสาร A ในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลา t

จำนวนชุดข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตสำหรับชุดทดสอบโปรแกรมชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 :2001

ชุด

- ชุดข้อมูลที่ใช้เป็นชุดข้อมูลในการฝึกช่ายงานเท่ากับ 1501 ชุด
- ชุดข้อมูลในการทดสอบช่ายงาน เท่ากับ 500

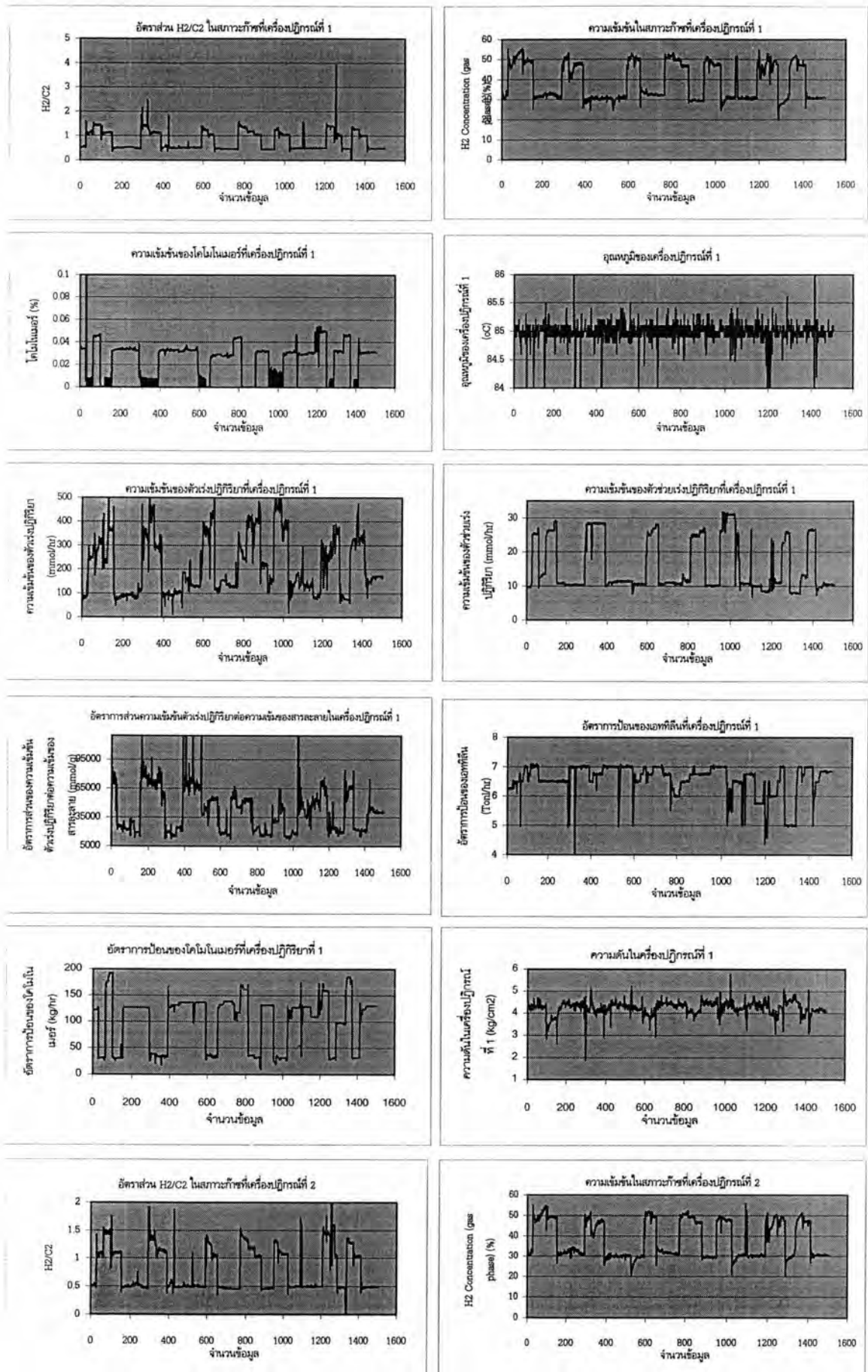
จำนวนรอบของการวนซ้ำในการฝึกช่ายงาน : 1000 รอบ

ความถี่ในการเก็บข้อมูล :0.01 นาที

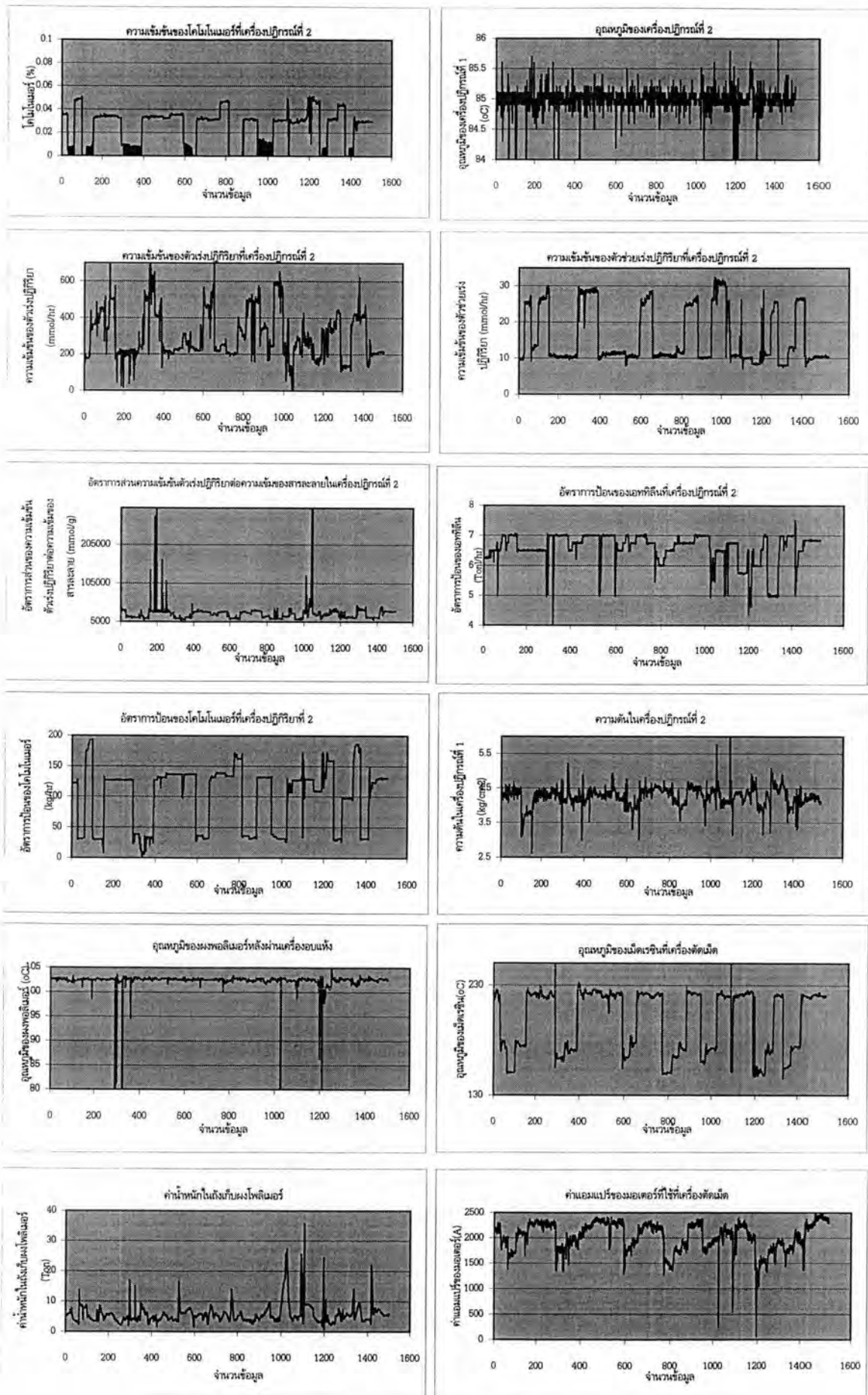
5.1.2 ชุดข้อมูลในการการทดสอบแบบจำลองช่ายงานนิวิรัลโดยการใช้งานในอุตสาหกรรมจริง

แบบจำลองทั้ง 4 จะมีการทดสอบออนไลน์การใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้ตัวแปรเช่นเดียวกับตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองโดยข้อมูลทดสอบมีความถี่เท่ากับ 1 นาที โดยมีชุดข้อมูลทั้งหมด 5802 ชุด (จากข้อมูล 5802 นาที) โดยช่ายงานจะทำการปรับค่าน้ำหนักเมื่อพบว่าข้อมูลชุดนั้นประกอบด้วยค่าอินพุตและเป้าหมายเท่านั้น ถ้าไม่พบค่าเป้าหมายช่ายงานจะทำนายค่าตัวแปรเอาต์พุตเท่านั้น

ดังนั้นจะพบว่าจะมีขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับการจำลองจะมีข้อมูล 3 ชุด ชุดแรกคือชุดในการฝึกช่ายงาน (Training Set) ชุดที่สองคือชุดในการทดสอบแบบจำลอง (Cross Validation) ชุดสุดท้ายคือชุดในการทดสอบแบบจำลองโดยนำไปใช้งานจริงแบบออนไลน์ซึ่งสามารถทำนายผลได้ทุก 1 นาที ซึ่งจะพบว่าทั้งสามขั้นตอนเป็นตัวบ่งบอกว่าสามารถนำไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมได้ผลดีมากน้อยเพียงใด



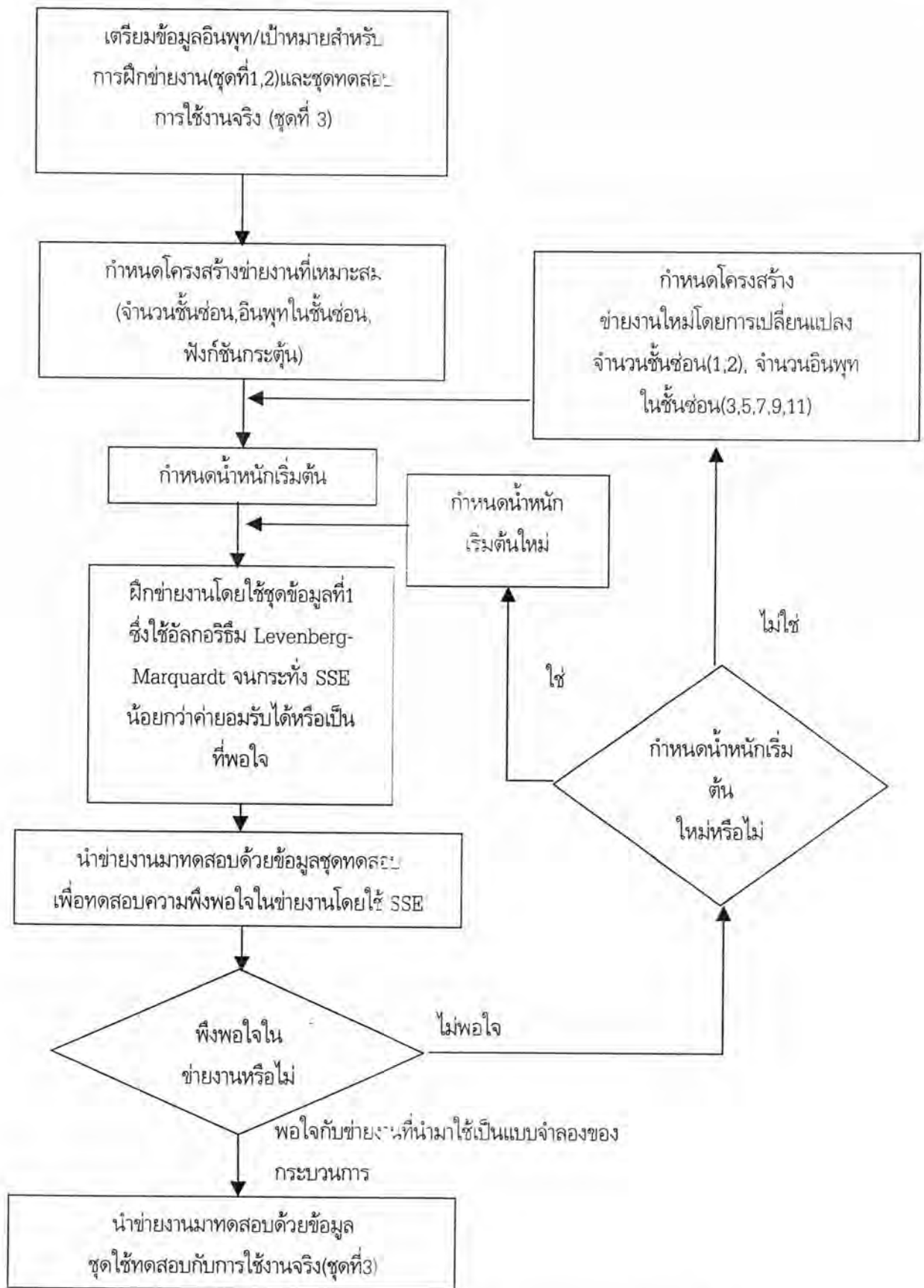
รูปที่ 5.2 แสดงข้อมูลอินพุตต่างๆที่ใช้ในการฝึกข่ายงานและทดสอบข่ายงาน



รูปที่ 5.2 (ต่อ) แสดงข้อมูลอินพุตต่างๆที่ใช้ในการฝึกข่ายงานและทดสอบข่ายงาน

5.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองและการทดสอบการใช้งานจริงในโรงงาน

- 1) ทำการเตรียมข้อมูลชุดอินพุทและค่าเป้าหมายโดยทำการแบ่งข้อมูลอินพุทและค่าเป้าหมายเป็น 3 ชุด โดยชุดแรกเป็นชุดข้อมูลในการฝึกช่ายงาน ชุดที่สองเป็นชุดข้อมูลในการทดสอบแบบจำลองว่าเหมาะสมเพียงใด ชุดที่สามเป็นชุดข้อมูลในการทดสอบออนไลน์กับโรงงานจริง ความถี่ในการเก็บข้อมูลของชุดที่ 1 และชุดที่ 2 จะทำทุก 1 ชั่วโมง ส่วนชุดที่ 3 จะใช้ความถี่ในการเก็บข้อมูลทุก 1 นาที ซึ่งข้อมูลที่ต้องการทำนายมีทั้งหมด 4 ค่าคือค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 , ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2, ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังจากออกจากเครื่องตัดเม็ด และค่าความหนาแน่นหลังจากออกจากเครื่องตัดเม็ด โดยจะทำการสร้างแบบจำลองทั้งหมด 4 แบบจำลองตามค่าที่ต้องการทำนาย (แผนผังแสดงการสร้างแบบจำลองและการทดสอบช่ายงานนิรวัลแสดงดังรูปที่ 5.1-5.4)
- 2) ทำการออกแบบช่ายงานแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้นนิรวัลตามแบบจำลองกลับกระแสโดยใช้ฟังก์ชันมูลฐานเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันกระตุ้นเป็นฟังก์ชันซิกมอยด์ โดยใช้อัลกอริธึมแบบ Levenberg-Marquardt และค่าโมเมนตัม = 0.85
- 3) ในแต่ละแบบจำลองจะมีการเปลี่ยนจำนวนชั้นซ่อนจาก 1 จนถึง 2 ชั้น และ จะทำการเปลี่ยนจำนวนนิรวัลในชั้นซ่อนจาก 3,5,7,9,11 เพื่อทดสอบหาแบบจำลองที่ต้องการโดยพิจารณาจากค่าความผิดพลาดรวมกำลังสอง (sum square error) ที่น้อยที่สุด และ พิจารณาจากกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ทำนาย ณ ที่ข้อมูลในเวลาต่างๆ ของข้อมูลชุดทดสอบแบบจำลอง
- 4) ในการหาแบบจำลองจะทำการหาแบบจำลองของการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 และ ที่ 2 และการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ดก่อนและทำการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมของการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 และ ที่ 2 เพื่อนำไปใช้ป้อนเป็นแบบอินพุทของแบบจำลองในการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด
- 5) หลังจากที่ได้แบบจำลองที่เหมาะสมทั้ง 4 แบบจำลองแล้วให้ทำการทดสอบกับข้อมูลชุดที่ 3 เพื่อทดสอบการใช้งานจริง



รูปที่ 5.2 แผนผังแสดงการสร้างและการทดสอบข่ายงานนิวรัล

5.3 ผลการจำลองและการวิเคราะห์ผลการจำลอง

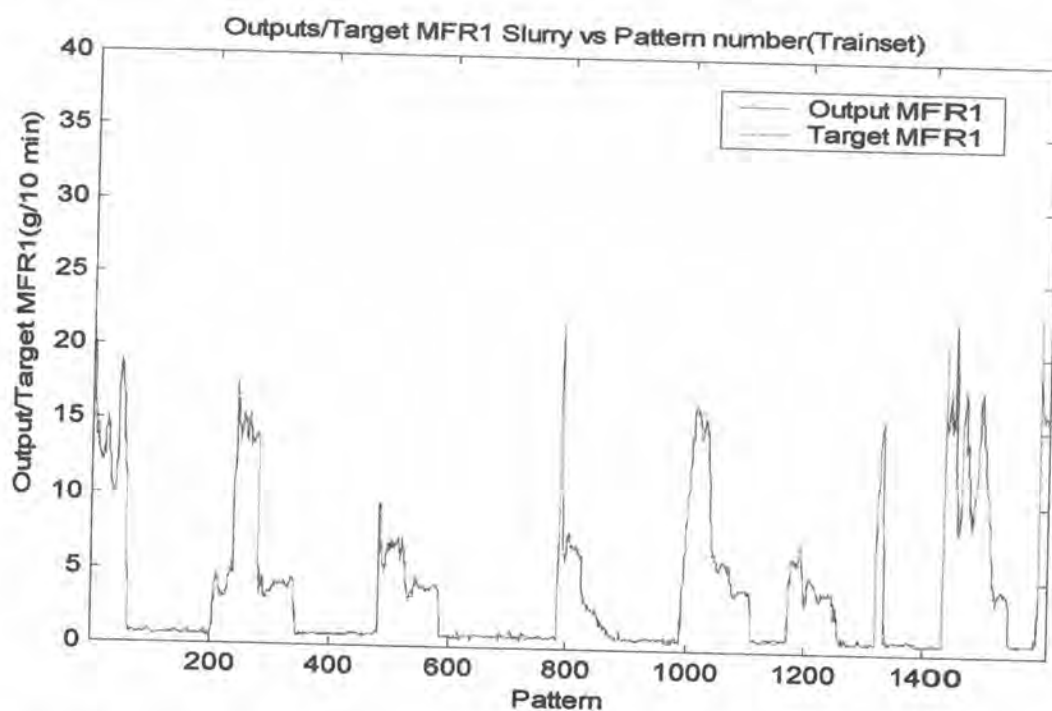
จากการออกแบบโครงสร้างข่ายงานนิวรัลแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้นโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบการกระจายความผิดพลาดย้อนกลับชนิด Levenberg-Marquardt ฟังก์ชันกระตุ้นแบบซิกมอยด์ กำหนดค่าเริ่มต้นของโมเมนต์ัม = 0.85 โดยการสร้างโครงสร้างในการเรียนรู้จะมีข้อมูลอินพุตและค่าเป้าหมาย (ข้อมูลชุดที่ 1) เป็นอินพุตในข่ายงานและเป็นตัวสอนแบบจำลองให้มีค่าเอาต์พุตที่จะได้จากข่ายงานมีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย และการที่จะพิจารณาว่าแบบจำลองใดเหมาะสมจะพิจารณาจากค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองที่น้อยที่สุดของชุดทดสอบ (ข้อมูลชุดที่ 2) โดยค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะแสดงในผลการจำลองเป็น 2 ค่า คือ ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสอง (SSE) ที่จำนวนรอบที่กำหนด (จำนวนรอบที่กำหนด = 1000 รอบ) และค่าความผิดพลาดรวมกำลังสอง (SSE, sum square error) ที่มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งจะทำการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมโดยใช้ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสอง (SSE) ที่น้อยที่สุด และหลังจากที่ได้แบบจำลองที่เหมาะสมเรียบร้อยแล้วให้ทำการทดสอบกับการใช้งานในโรงงานจริง (online prediction)

5.3.1 การวิเคราะห์ผลการจำลองของการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 1

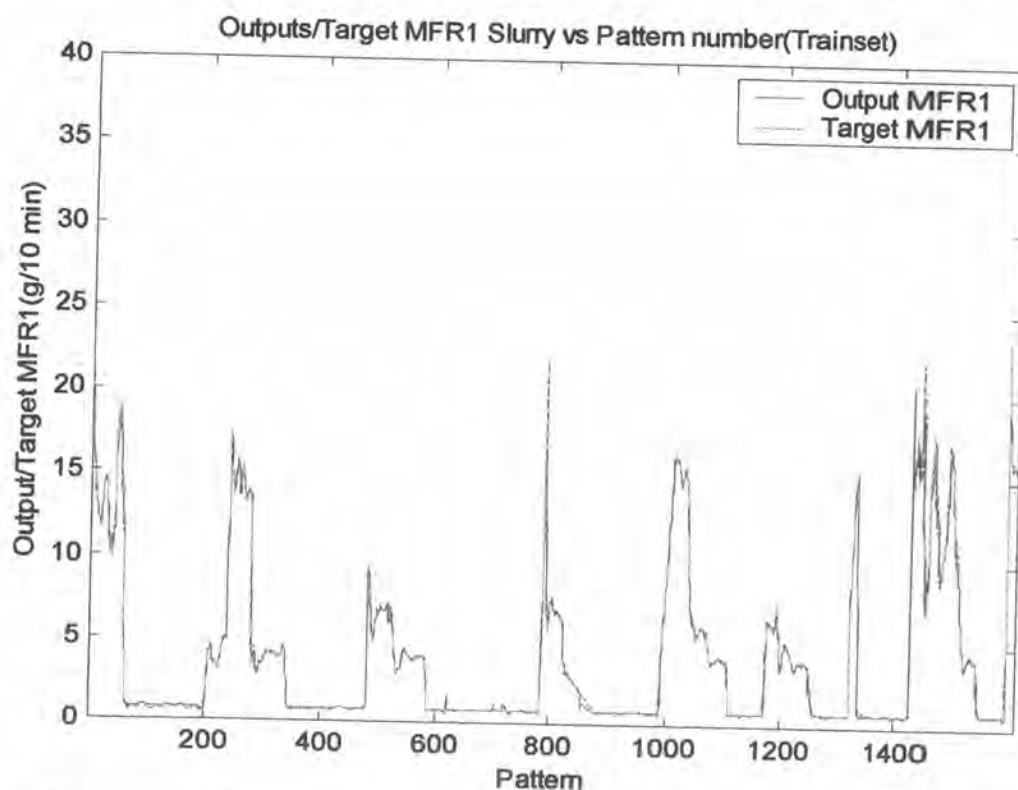
จากการป้อนข้อมูลอินพุตเท่ากับ 11 เวกเตอร์ และค่าเป้าหมาย 1 เวกเตอร์ เข้าในโครงสร้างข่ายงานนิวรัลแบบ 3 ชั้น (จำนวนนิวรัลในชั้นอินพุต-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 1-จำนวนนิวรัลในชั้นเอาต์พุต) และ 4 ชั้น (จำนวนนิวรัลในชั้นอินพุต-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 1-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 2-จำนวนนิวรัลในชั้นเอาต์พุต) และทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนค่านิวรัลในชั้นซ่อนแต่ละชั้นเท่ากับ 3,5,7,9,11 ตามลำดับ ซึ่งผลการจำลองแสดงในตารางที่ 5.1 จะพบว่าที่โครงสร้าง 11-11-1 จะให้ค่าความผิดพลาดรวมยกกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับข่ายงานนิวรัลแบบ 3 ชั้น และโครงสร้าง 11-5-3-1 จะให้ค่าความผิดพลาดรวมยกกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับข่ายงานนิวรัลแบบ 4 ชั้น ดังนั้นจะทำการเปรียบเทียบกราฟของทั้งสองโครงสร้างนี้ จากกราฟที่ 5.3 และ 5.4 จะพบว่าการเรียนรู้ในการสร้างข่ายงานนิวรัลของโครงสร้าง 11-11-1 และ 11-5-3-1 มีค่าในการทำนายค่าเอาต์พุตใกล้เคียงกับเป้าหมายได้ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าผลรวมค่าความผิดพลาดยกกำลังสองของแบบจำลองในการทำนายค่าอัตรา
การไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1

จำนวนชั้น ในข่ายงาน	จำนวนนิวรัลใน ชั้นซ่อนที่ 1	จำนวนนิวรัลใน ชั้นซ่อนที่ 2	SSE error (ชุดฝึกข่ายงาน)	SSE error (ชุดทดสอบ)	จำนวนรอบทั้งหมด/ รอบที่ SSE ต่ำสุด	SSE error ที่ ต่ำที่สุด(ชุด ทดสอบ)	โมเมนต์ัม
3	3	0	1.74450000	0.27463700	1000/35	0.15570500	8.5×10^{-4}
	5	0	0.82966000	0.42939200	1000/16	0.03445690	8.5×10^{-6}
	7	0	0.67396000	0.14680400	1000/108	0.04568770	8.5×10^{-5}
	9	0	0.36979000	0.15333200	1000/34	0.03257760	8.5×10^{-5}
	11	0	0.21202000	0.06962940	1000/40	0.03040290	8.5×10^{-8}
4	3	3	1.29540000	0.34899500	1000/24	0.27454800	8.5×10^{-6}
		5	0.97320000	1.16740000	1000/76	0.20748300	8.5×10^{-4}
		7	0.64064000	2.25350000	1000/24	0.25594600	8.5×10^{-5}
		9	0.44650000	0.16598200	1000/63	0.04462530	8.5×10^{-5}
		11	0.72025000	0.15680600	1000/85	0.08946450	8.5×10^{-4}
	5	3	0.73213000	0.14763600	1000/106	0.03038040	8.5×10^{-4}
		5	0.37772000	0.13029000	1000/27	0.04250520	8.5×10^{-7}
		7	0.34855000	0.15515600	1000/30	0.04954190	8.5×10^{-5}
		9	0.29270000	0.06792160	1000/178	0.03920770	8.5×10^{-6}
		11	0.39722000	1.34132000	1000/88	0.06452330	8.5×10^{-5}
	7	3	0.37661000	0.83498200	1000/21	0.05122220	8.5×10^{-5}
		5	0.23629000	4.83513000	1000/23	0.03674440	8.5×10^{-6}
		7	0.17803000	1.19348000	1000/115	0.14100700	8.5×10^{-6}
		9	0.21659000	1.14983000	1000/200	0.19145200	8.5×10^{-5}
		11	0.18203000	1.65037000	1000/78	0.08328410	8.5×10^{-4}
	9	3	0.23517000	0.24250100	1000/61	0.03939670	8.5×10^{-5}
		5	0.17515000	1.03479000	1000/21	0.17326600	8.5×10^{-5}
		7	0.12744000	0.20310300	1000/28	0.08282440	8.5×10^{-5}
		9	0.09614900	1.14306000	1000/204	0.18172600	8.5×10^{-6}
		11	0.07792800	1.27721000	1000/21	0.04745920	8.5×10^{-7}
11	3	0.15580000	0.45959100	1000/41	0.06379980	8.5×10^{-7}	
	5	0.11636000	4.00762000	1000/73	0.04469910	8.5×10^{-7}	
	7	0.09379400	1.07091000	1000/498	0.11665200	8.5×10^{-6}	
	9	0.07710500	1.70374000	1000/16	0.11655000	8.5×10^{-5}	
	11	0.06234500	1.35210000	1000/48	0.03622990	8.5×10^{-6}	

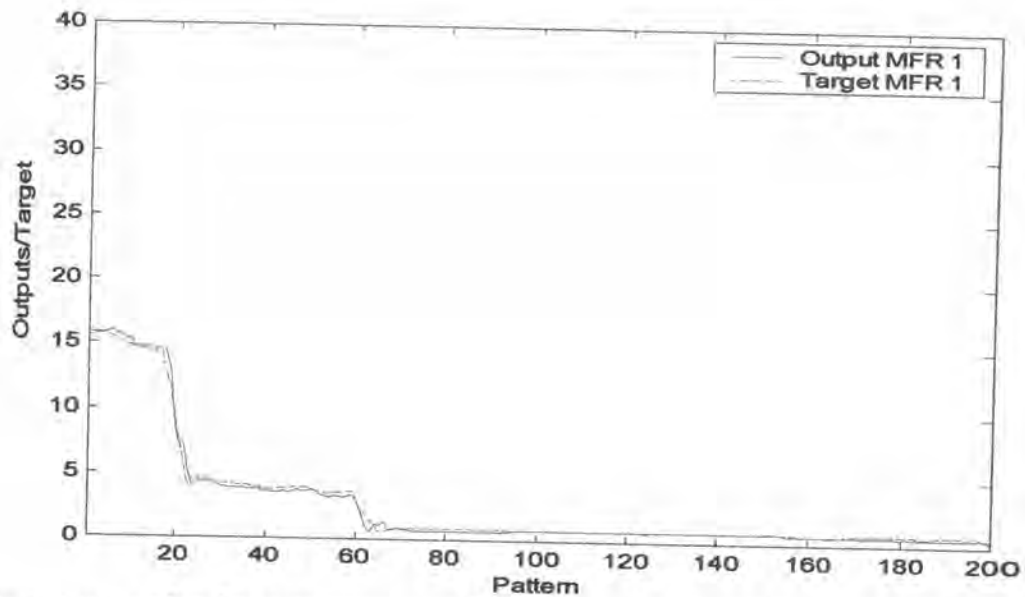


รูปที่ 5.3 การเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (โครงสร้าง 11-11-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

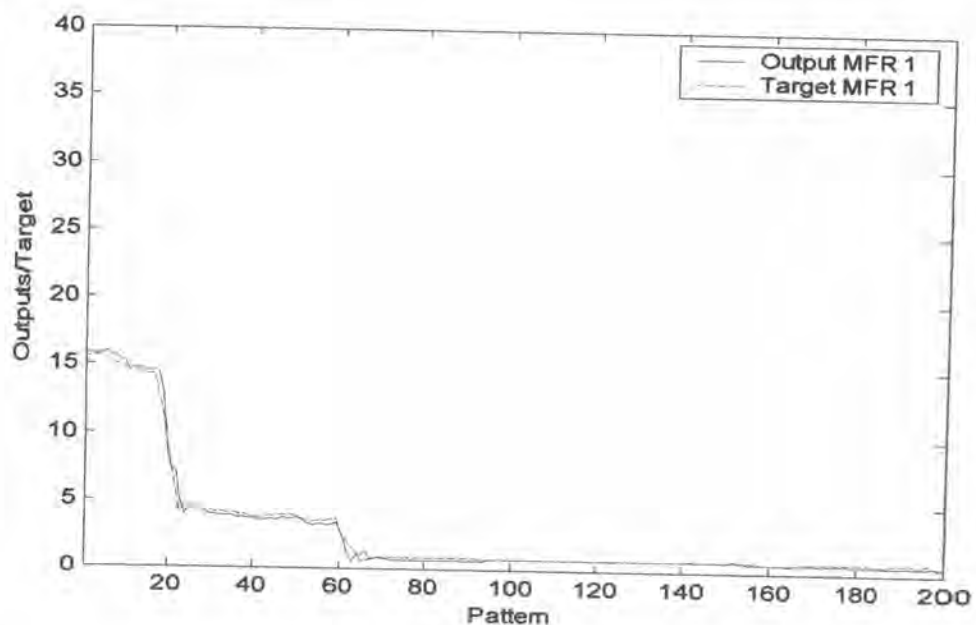


รูปที่ 5.4 การเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (โครงสร้าง 11-5-3-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

ส่วนการทดสอบการเรียนรู้ (ข้อมูลชุดที่ 2) ที่ค่าความผิดพลาดต่ำสุดของทั้งสองโครงสร้าง (จากกราฟรูปที่ 5.5 และ 5.6) พบว่าโครงสร้าง 11-5-3-1 ให้ค่าการทำนายค่าเอาต์พุตใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายดีกว่าโครงสร้าง 11-11-1

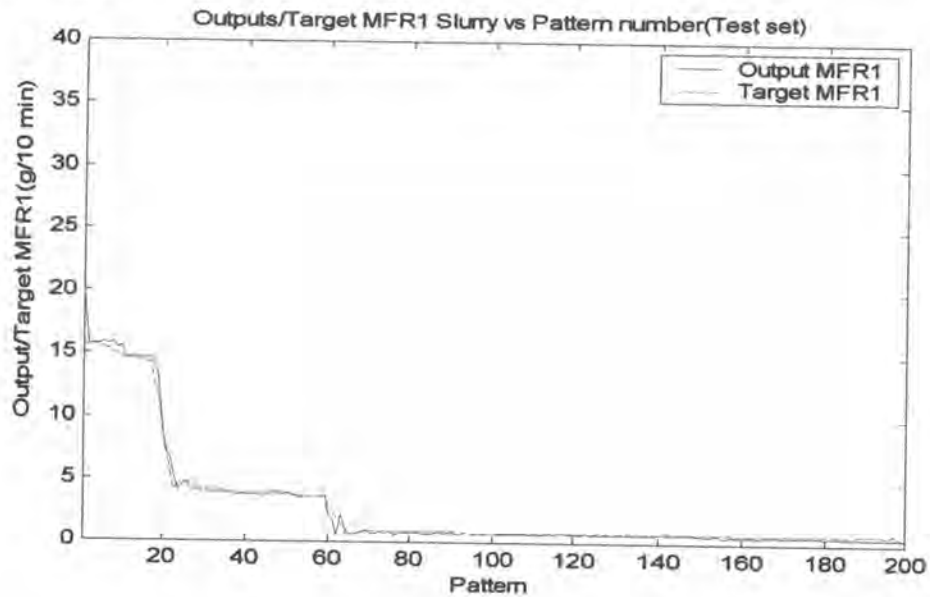


รูปที่ 5.5 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (โครงสร้าง 11-11-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์, จำนวนรอบ=จำนวนรอบที่มีค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองต่ำที่สุด)

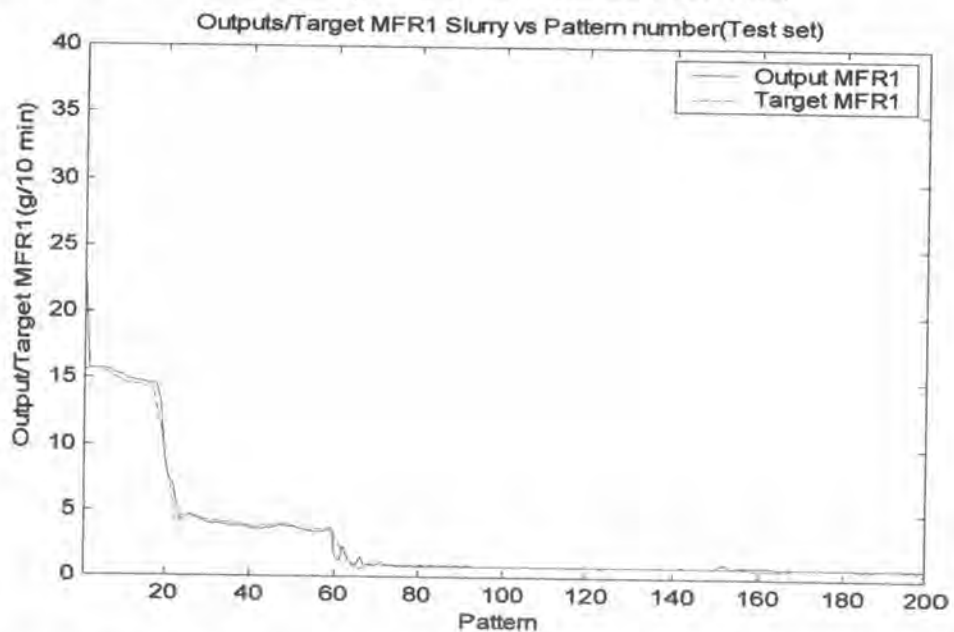


รูปที่ 5.6 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (โครงสร้าง 11-5-3-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์, จำนวนรอบ=จำนวนรอบที่มีค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองต่ำที่สุด)

จากกราฟรูปที่ 5.5 , 5.7 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่จำนวนรอบ = 1000 กับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่จำนวนรอบค่าใดๆของแบบจำลอง 11-11-1 และ กราฟรูปที่ 5.6 และ 5.8 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่จำนวนรอบ = 1000 กับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่จำนวนรอบค่าใดๆของแบบจำลอง 11-5-3-1 พบว่ากราฟที่ความผิดพลาดต่ำสุดให้ค่าการทำนายค่าเอาท์พุทได้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมากกว่าค่าความผิดพลาดที่วนรอบซ้ำจำนวน 1000 รอบ

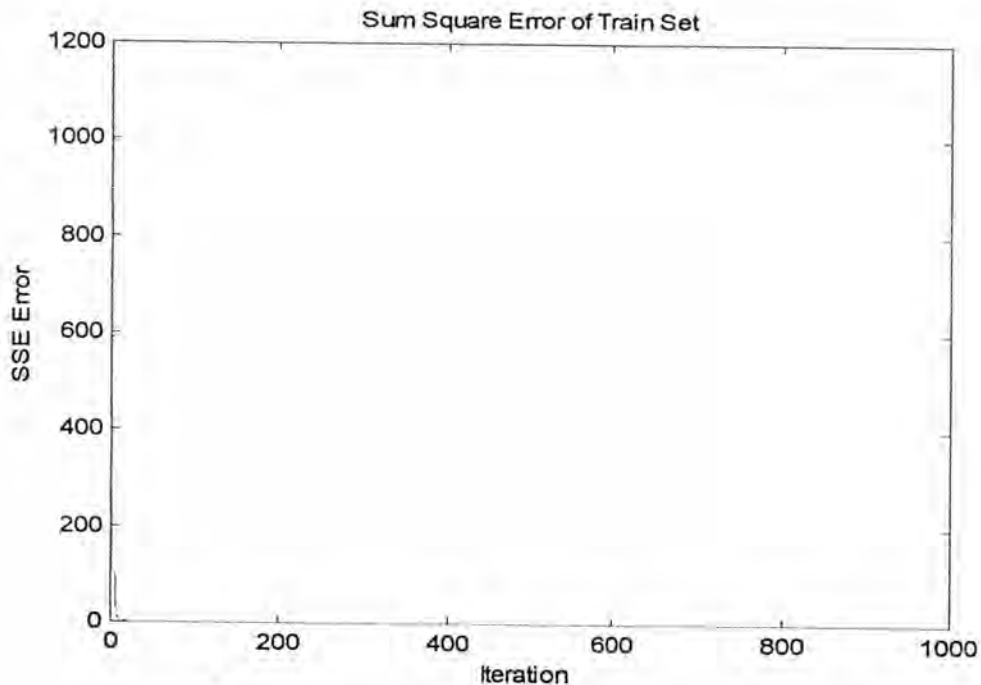


รูปที่ 5.7 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการผลิตของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (โครงสร้าง 11-11-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

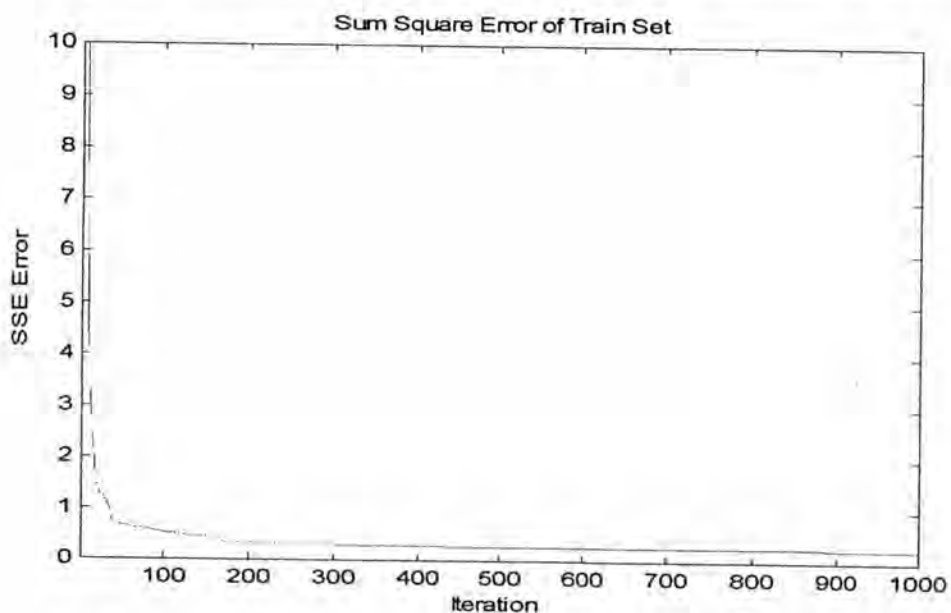


รูปที่ 5.8 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการผลิตของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (โครงสร้าง 11-5-3-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

จากกราฟรูปที่ 5.9 และ 5.10 สำหรับการฝึกข่ายงานโครงสร้าง 11-11-1 และ กราฟรูปที่ 5.11 และ 5.12 สำหรับการฝึกข่ายงานโครงสร้าง 11-5-3-1 จะแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองที่จำนวนรอบต่างๆ จะพบว่าเมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้นเนื่องจากอัลกอริธึมจะทำการปรับน้ำหนักเพื่อให้ผลของค่าเป้าหมายและค่าเอพ็พที่มีค่าต่างกันน้อยลง

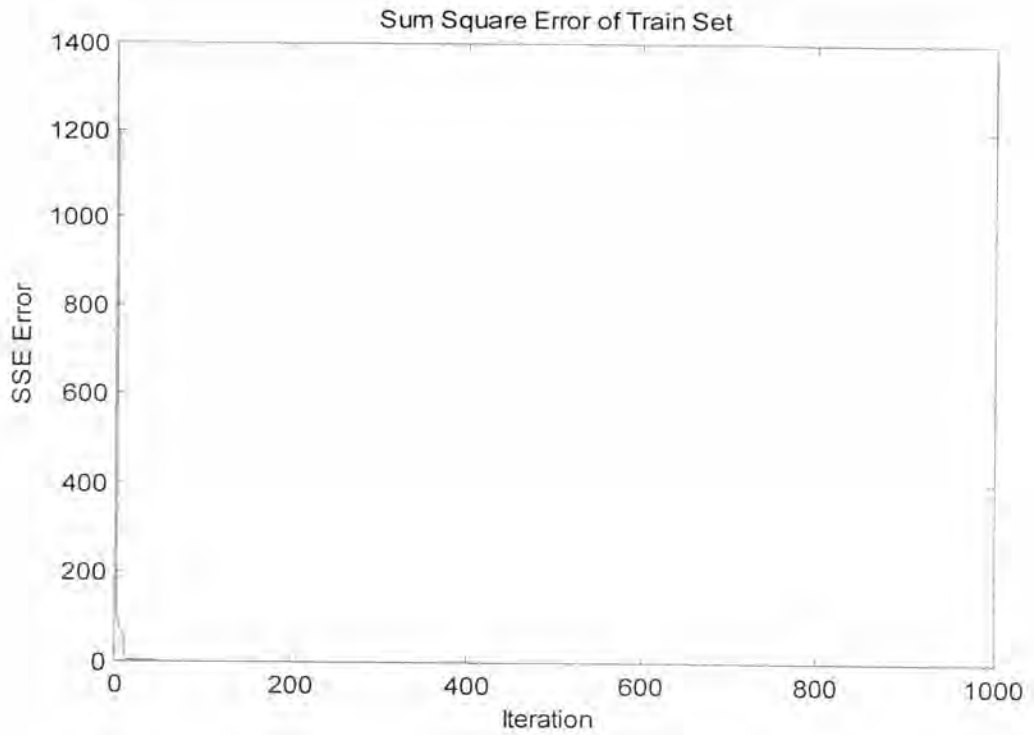


รูปที่ 5.9 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข่ายงานในโครงสร้าง 11-11-1

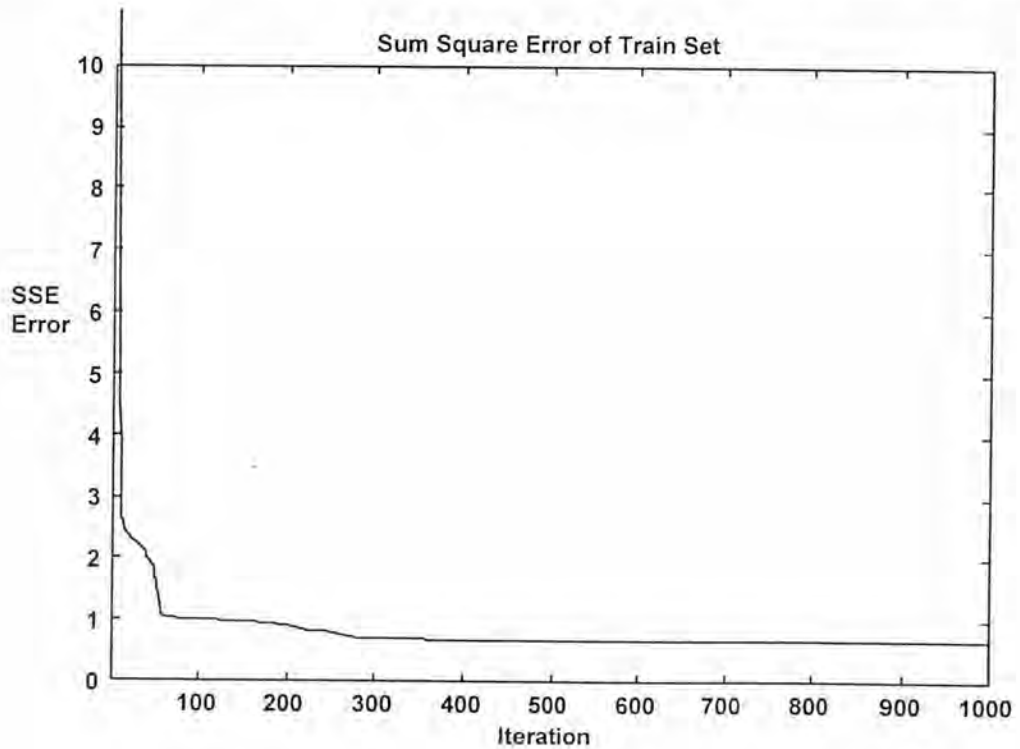


รูปที่ 5.10 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข่ายงานในโครงสร้าง 11-11-1

ซึ่งขยายกราฟ 5.9 ในช่วงสเกล SSE Error = 0-10

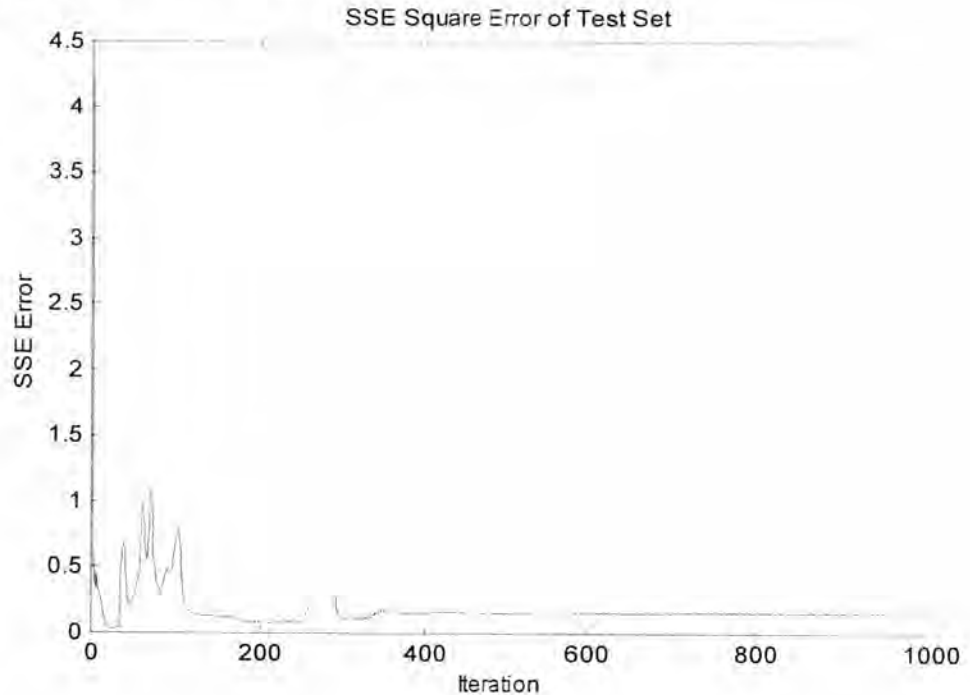


รูปที่ 5.11 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข่ายงานในโครงสร้าง 11-5-3-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1

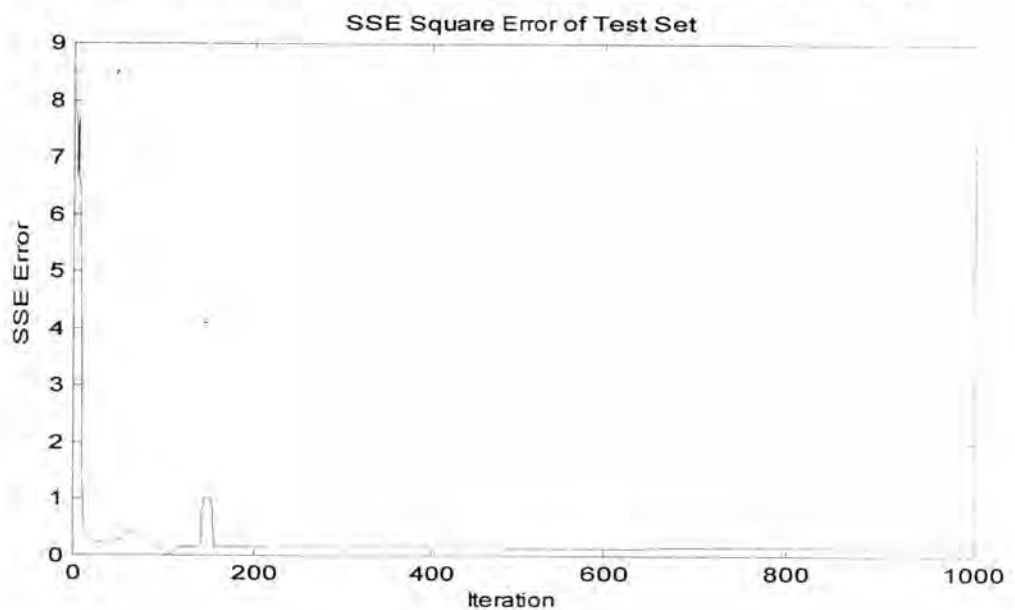


รูปที่ 5.12 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข่ายงานในโครงสร้าง 11-5-3-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 ซึ่งขยายกราฟ 5.11 ในช่วงสเกล SSE Error = 0-10

ในกรณีที่ใช้ชุดข้อมูลชุดที่ 2 ในการทดสอบข้างาน (จากกราฟรูปที่ 5.13 ในแบบจำลอง 11-11-1 และกราฟรูปที่ 5.14 ในแบบจำลอง 11-5-3-1 จะพบว่าค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะมีค่าต่ำสุดที่ค่าๆ หนึ่ง และต่อไปจะมีแนวโน้มมากขึ้นมากกว่าจุดต่ำสุด ซึ่งค่าความผิดพลาดต่ำสุดเรียกว่า global minima ส่วน ค่าความผิดพลาด ณ จุดอื่นๆ เรียกว่า local minima

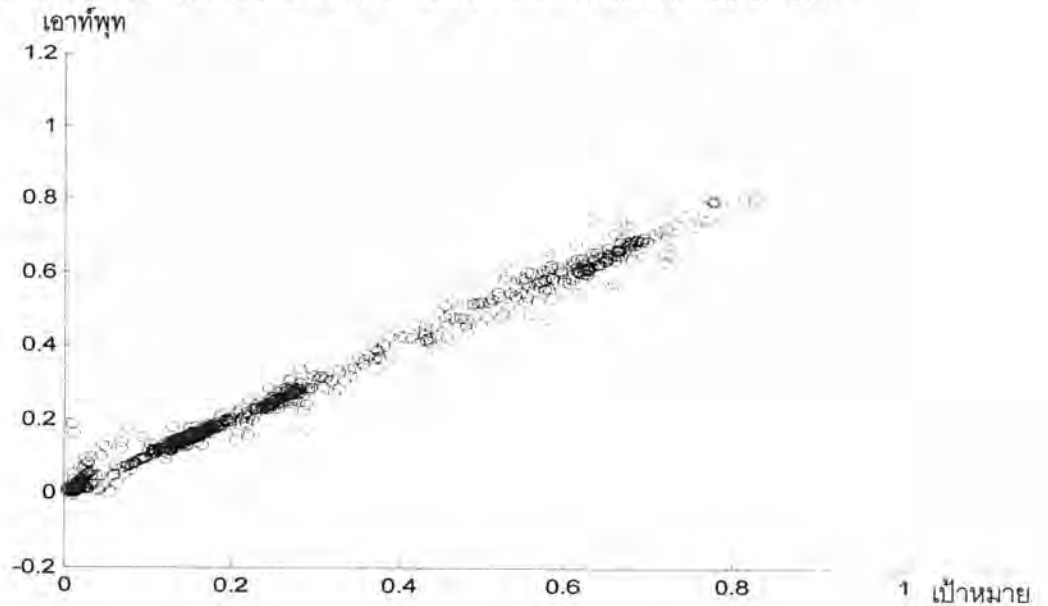


รูปที่ 5.13 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดทดสอบข้างานในโครงสร้าง 11-11-1

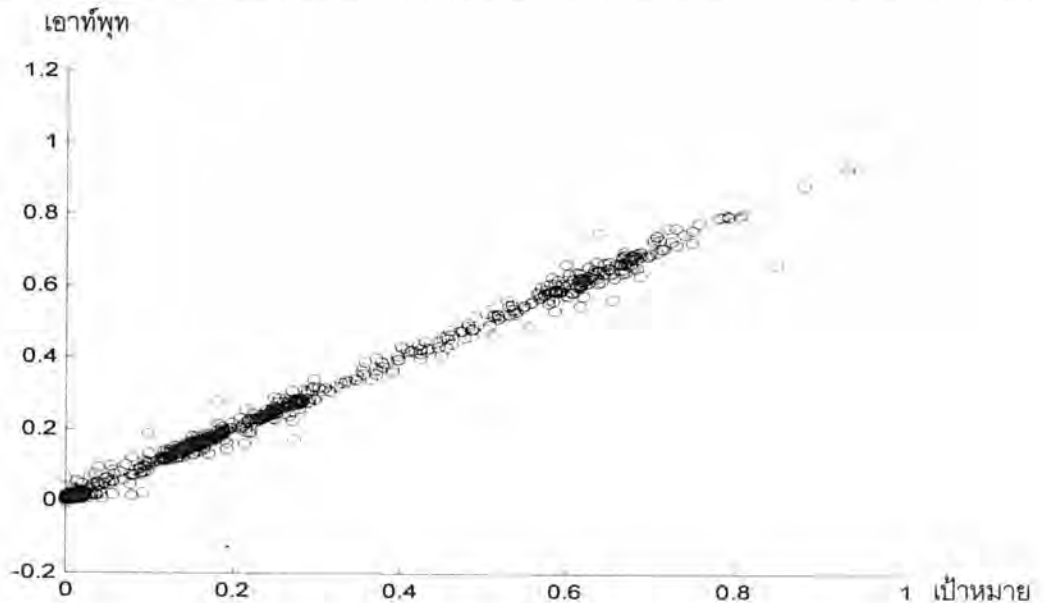


รูปที่ 5.14 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดทดสอบข้างานในโครงสร้าง 11-5-3-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1

จากกราฟรูปที่ 5.15 ของแบบจำลอง 11-11-1 และ กราฟรูปที่ 5.16 ของแบบจำลอง 11-5-3-1 พบว่า ค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายของแบบจำลอง 11-5-3-1 มีค่าใกล้เคียงกว่าแบบจำลอง 11-11-1

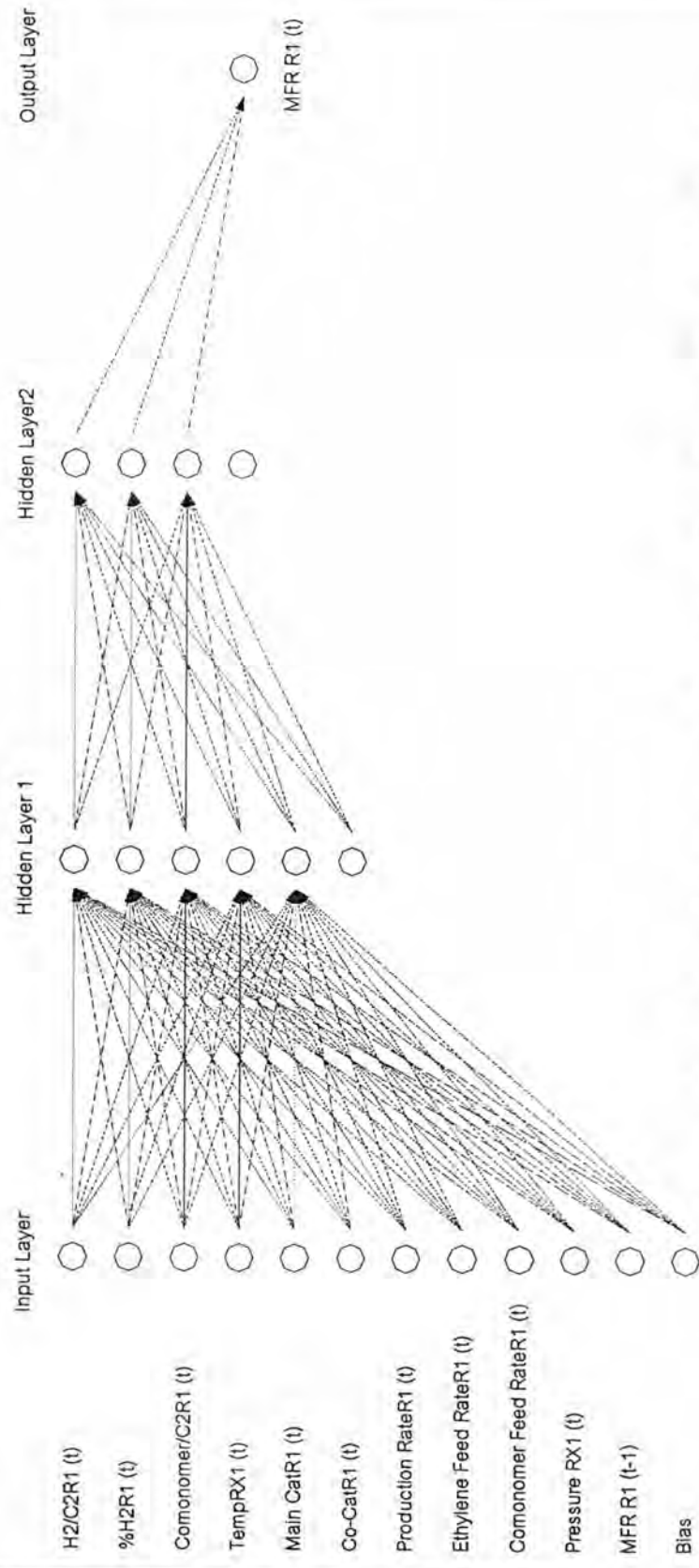


รูปที่ 5.15 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายในสเกล 0-1 ในโครงสร้าง 11-11-1



รูปที่ 5.16 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายในสเกล 0-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 ในโครงสร้าง 11-5-3-1

ดังนั้นจากการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 พบว่าโครงสร้าง 11-5-3-1 เหมาะสมสำหรับในการไปใช้แบบจำลองในการทำนายผลออนไลน์เนื่องจากมีค่าความผิดพลาดต่ำที่สุด และสามารถทำนายค่าเอาร์ทพุทได้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายดีกว่าแบบจำลองอื่นๆ (แบบจำลองดังรูปที่ 5.15)



รูปที่ 5.17 แสดงโครงสร้างข่ายงานนิวรอน 11-5-3-1 สำหรับการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 1

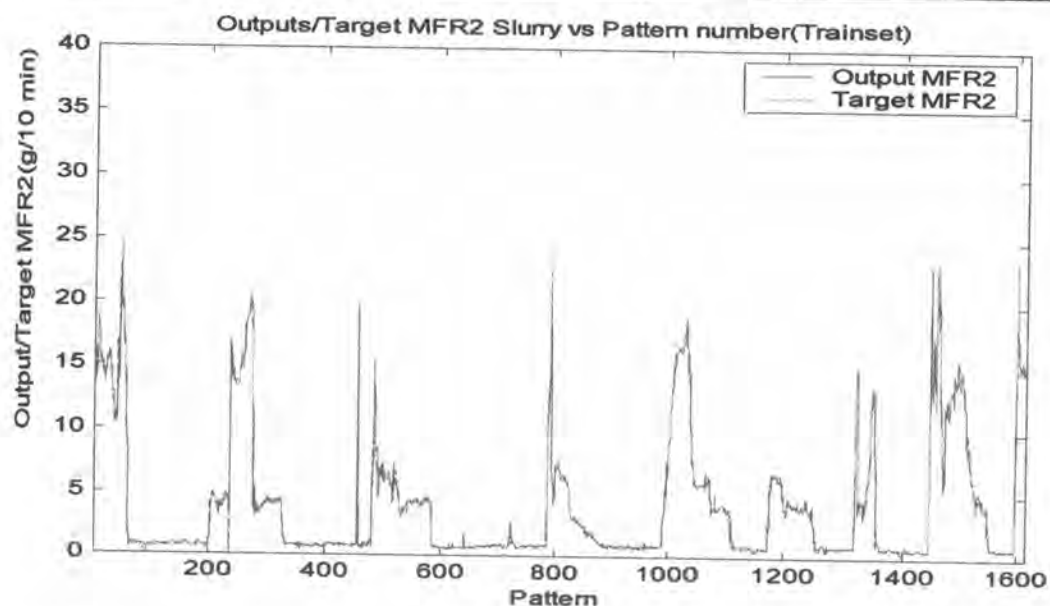
5.3.2 การวิเคราะห์ผลการจำลองของการทำนายค่าอัตราการใช้ของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ ที่ 2

จากการป้อนข้อมูลอินพุตเท่ากับ 11 เวกเตอร์ และค่าเป้าหมาย 1 เวกเตอร์ เข้าในโครงสร้างข่ายงานนิวรัลแบบ 3 ชั้น (จำนวนนิวรัลในชั้นอินพุต-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 1-จำนวนนิวรัลในชั้นเอาต์พุต) และ 4 ชั้น (จำนวนนิวรัลในชั้นอินพุต-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 1-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 2 -จำนวนนิวรัลในชั้นเอาต์พุต) และทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนค่านิวรัลในชั้นซ่อนแต่ละชั้นเท่ากับ 3,5,7,9,11 ตามลำดับ ซึ่งผลการจำลองแสดงในตารางที่ 5.2 จะพบว่าที่โครงสร้าง 11-9-1 จะให้ค่าความผิดพลาดรวมยกกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับข่ายงานนิวรัลแบบ 3 ชั้น และโครงสร้าง 11-7-3-1 จะให้ค่าความผิดพลาดรวมยกกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับข่ายงานนิวรัลแบบ 4 ชั้น ดังนั้นจะทำการเปรียบเทียบกราฟของทั้งสองโครงสร้างนี้ จากกราฟที่ 5.18 และ 5.19 จะพบว่าการเรียนรู้โดยใช้ชุดข้อมูลฝึกข่ายงานในการสร้างข่ายงานนิวรัลของโครงสร้าง 11-9-1 และ 11-7-3-1 มีค่าในการทำนายค่าเอาต์พุตใกล้เคียงกับเป้าหมายได้ใกล้เคียงกัน

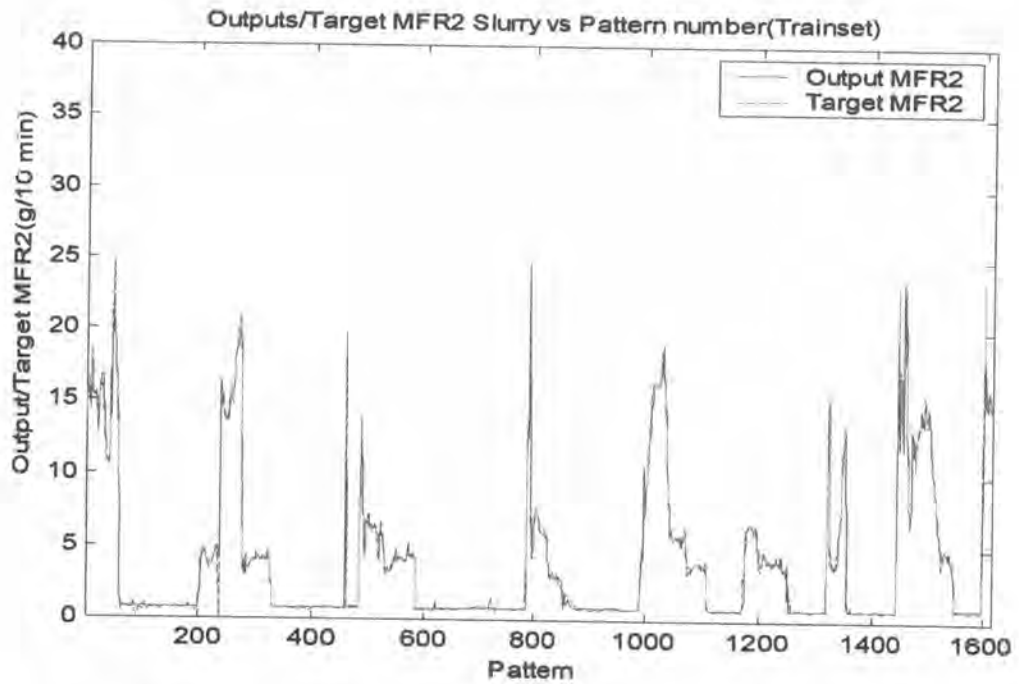
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าผลรวมค่าความผิดพลาดยกกำลังสองของแบบจำลองในการทำนายค่าอัตราการใช้ของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2

จำนวนชั้น ในข่ายงาน	จำนวนนิวรัลใน ชั้นซ่อนที่ 1	จำนวนนิวรัลใน ชั้นซ่อนที่ 2	SSE error (ชุดฝึกข่ายงาน)	SSE error (ชุดทดสอบ)	จำนวนรอบทั้งหมด/ รอบที่ SSE ต่ำสุด	SSE error ที่ต่ำที่ สุด(ชุดทดสอบ)	โมเมน ตัม
3	3	0	2.932800000	0.289245000	1000/68	0.040580500	8.5×10^{-9}
	5	0	2.148400000	0.223155000	1000/21	0.043916900	8.5×10^{-7}
	7	0	1.391200000	0.376234000	1000/10	0.039069000	8.5×10^{-5}
	9	0	1.373500000	0.124384000	1000/11	0.032875100	8.5×10^{-6}
	11	0	1.108600000	0.081591300	1000/52	0.039228700	8.5×10^{-6}
4	3	3	3.552800000	0.114428000	1000/62	0.094252500	8.5×10^{-6}
		5	2.099800000	0.210623000	1000/9	0.057168200	8.5×10^{-4}
		7	2.587300000	0.038620500	1000/218	0.033557400	8.5×10^{-7}
		9	2.155800000	0.134919000	1000/26	0.118717000	8.5×10^{-4}
		11	1.407100000	0.240241000	1000/20	0.029325800	8.5×10^{-5}
	5	3	1.638700000	0.137690000	1000/18	0.057012500	8.5×10^{-5}
		5	1.390900000	0.368831000	1000/16	0.035105600	8.5×10^{-5}
		7	1.114000000	0.816152000	1000/12	0.074729900	8.5×10^{-6}

จำนวนชั้น ในข่ายงาน	จำนวนนิวรัลใน ชั้นซ่อนที่ 1	จำนวนนิวรัลใน ชั้นซ่อนที่ 2	SSE error (ชุดฝึกข่ายงาน)	SSE error (ชุดทดสอบ)	จำนวนรอบทั้งหมด/ รอบที่ SSE ต่ำสุด	SSE error ที่ต่ำที่ สุด(ชุดทดสอบ)	โมเมนต์ ดัม
4		9	1.039000000	1.058100000	1000/59	0.038920800	8.5×10^{-5}
		11	1.291000000	0.226387000	1000/32	0.051182000	8.5×10^{-4}
	7	3	1.563400000	0.119811000	1000/133	0.026587500	8.5×10^{-6}
		5	1.020900000	0.222431000	1000/248	0.054320600	8.5×10^{-6}
		7	0.883700000	1.073900000	1000/9	0.072440400	8.5×10^{-7}
		9	0.842650000	0.219580000	1000/9	0.034065100	8.5×10^{-6}
		11	0.831740000	0.202743000	1000/14	0.034678000	8.5×10^{-5}
	9	3	0.982800000	1.132020000	1000/18	0.032620600	8.5×10^{-7}
		5	1.043300000	1.001870000	1000/10	0.028583100	8.5×10^{-5}
		7	0.781570000	0.893811000	1000/11	0.054159100	8.5×10^{-4}
		9	0.731830000	0.398909000	1000/11	0.029607400	8.5×10^{-5}
		11	0.706100000	0.544943000	1000/10	0.035231000	8.5×10^{-6}
	11	3	0.850080000	0.306899000	1000/39	0.043771500	8.5×10^{-5}
		5	0.877040000	1.279000000	1000/23	0.031524500	8.5×10^{-6}
		7	0.729300000	0.369565000	1000/43	0.039380900	8.5×10^{-5}
		9	0.669510000	0.524644000	1000/6	0.120657000	8.5×10^{-4}
		11	0.686880000	0.335143000	1000/17	0.029665000	8.5×10^{-6}

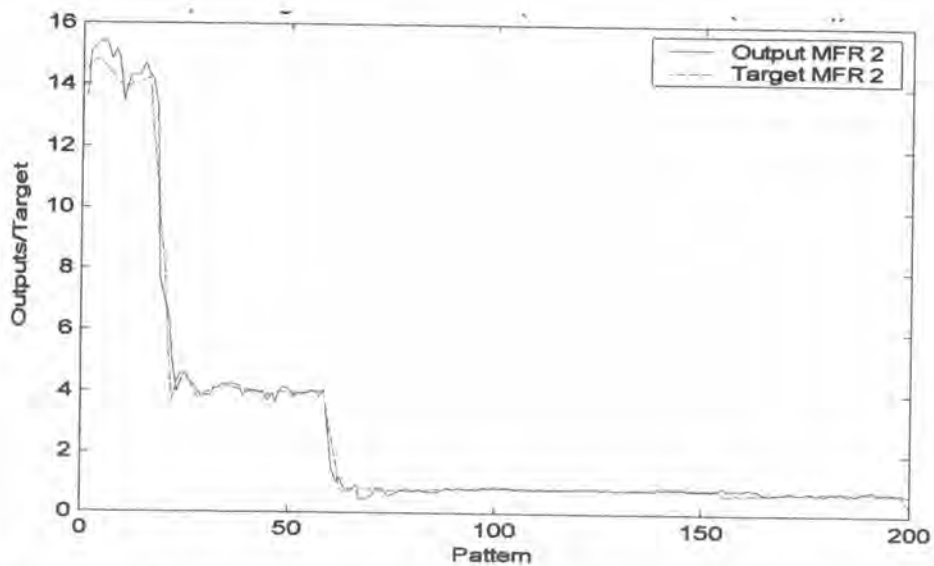


รูปที่ 5.18 การเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2
(โครงสร้าง 11-9-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

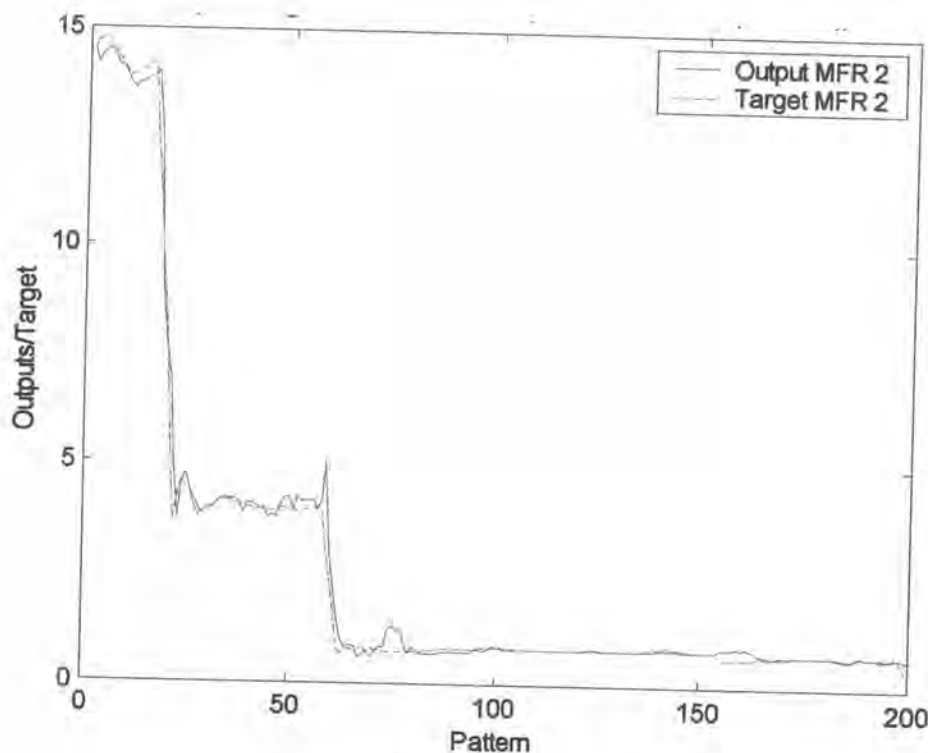


รูปที่ 5.19 การเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (โครงสร้าง 11-7-3-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

ส่วนการทดสอบการเรียนรู้ (ข้อมูลชุดที่ 2) ที่ค่าความผิดพลาดต่ำสุดของทั้งสองโครงสร้าง (จากกราฟรูปที่ 5.20 และ 5.21) พบว่าโครงสร้าง 11-7-3-1 ให้ค่าการทำนายเอาท์พุทใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายดีกว่าโครงสร้าง 11-9-1

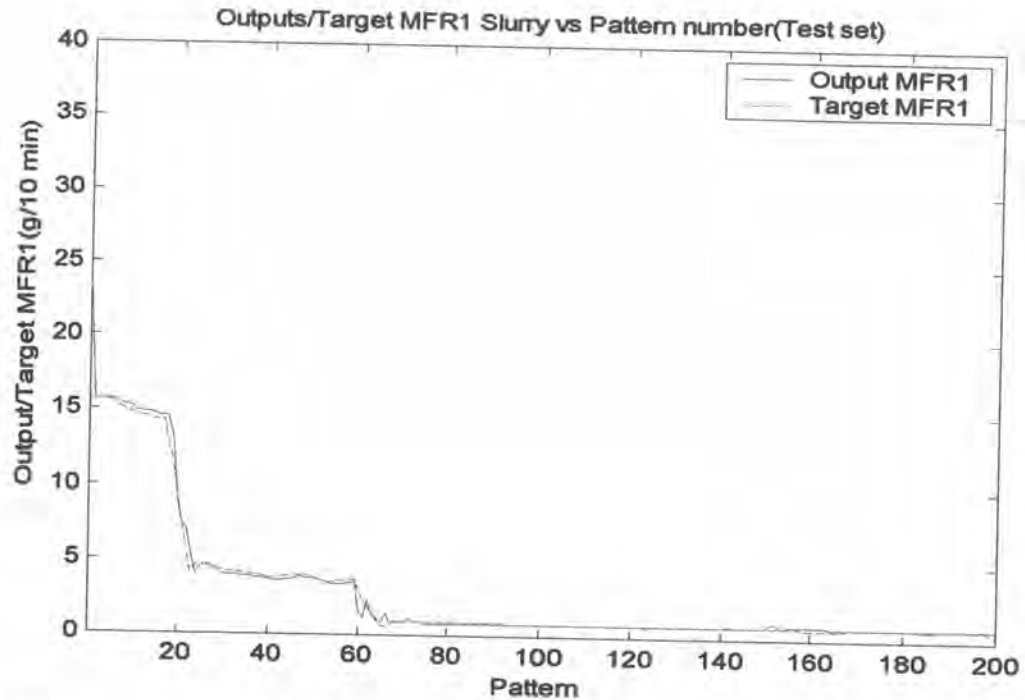


รูปที่ 5.20 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (โครงสร้าง 11-9-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ=จำนวนรอบที่มีค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองต่ำที่สุด)

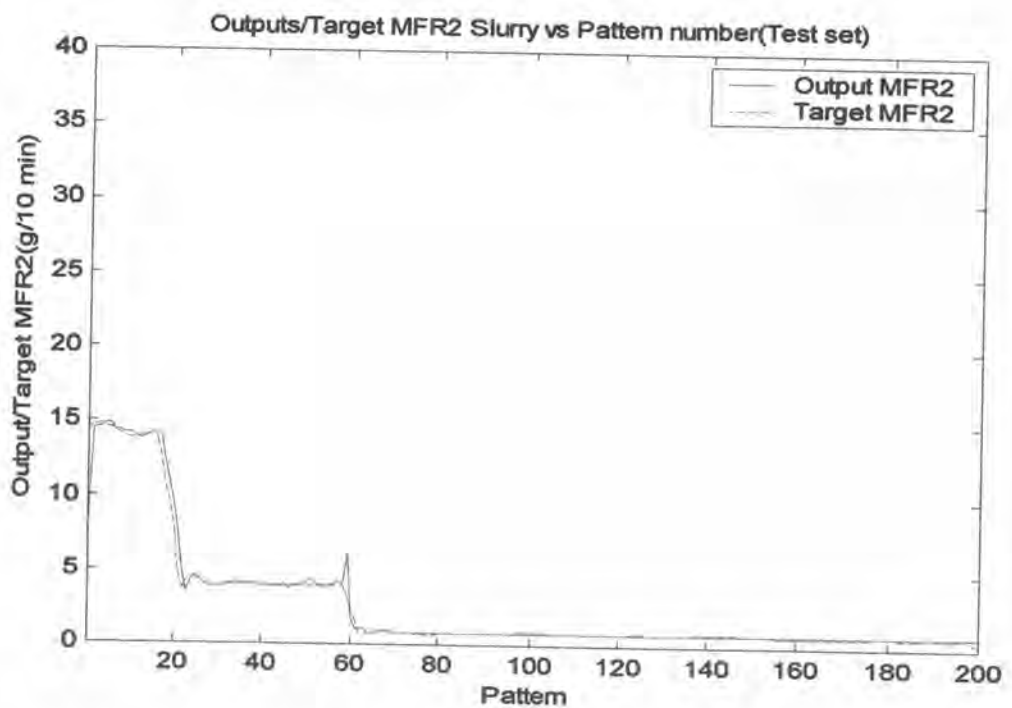


รูปที่ 5.21 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (โครงสร้าง 11-7-3-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ=จำนวนรอบที่มีค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองต่ำที่สุด)

จากกราฟรูปที่ 5.22 , 5.20 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่จำนวนรอบ = 1000 กับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่จำนวนรอบค่าใดๆของแบบจำลอง 11-9-1 และ กราฟรูปที่ 5.23 และ 5.21 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่จำนวนรอบ = 1000 กับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่จำนวนรอบค่าใดๆของแบบจำลอง 11-7-3-1 พบว่ากราฟที่ความผิดพลาดต่ำสุดให้ค่าการทำนายค่าเอาท์พุทได้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมากกว่าค่าความผิดพลาดที่วนรอบซ้ำจำนวน 1000 รอบ

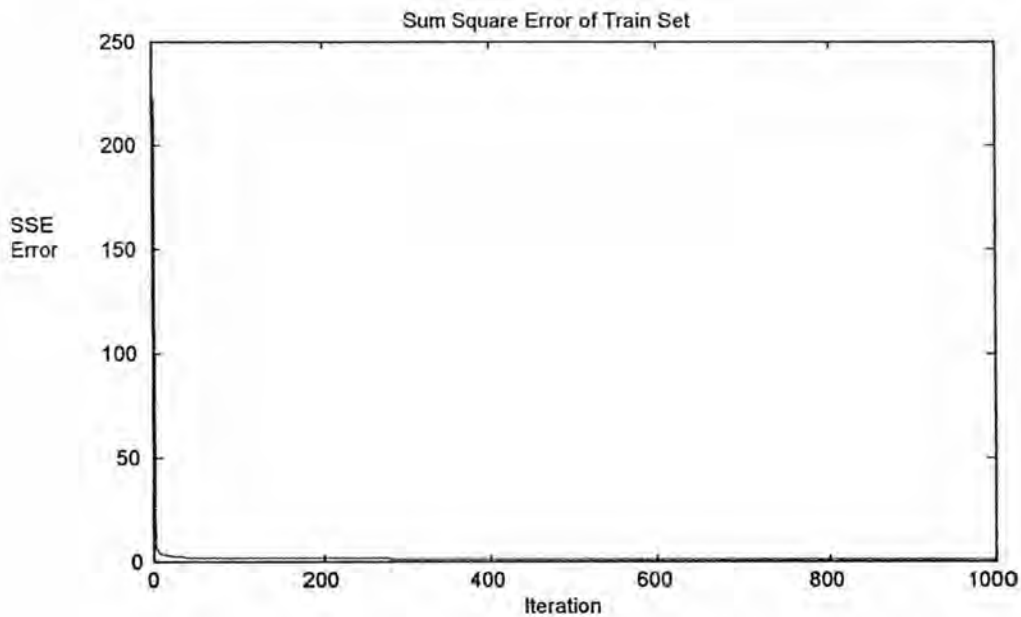


รูปที่ 5.22 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (โครงสร้าง 11-9-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ: 1000 รอบ)

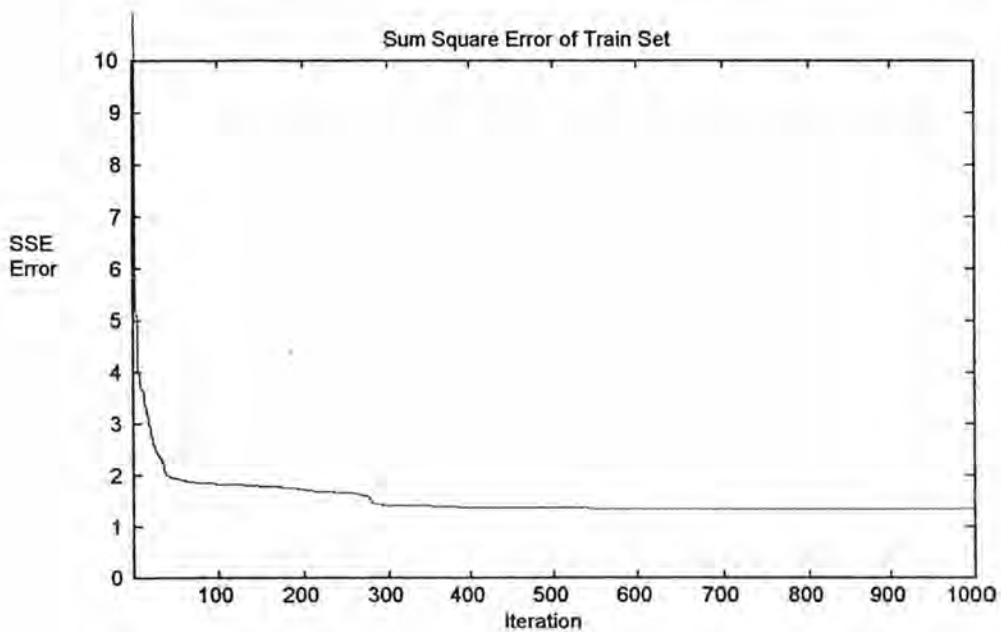


รูปที่ 5.23 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (โครงสร้าง 11-7-3-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

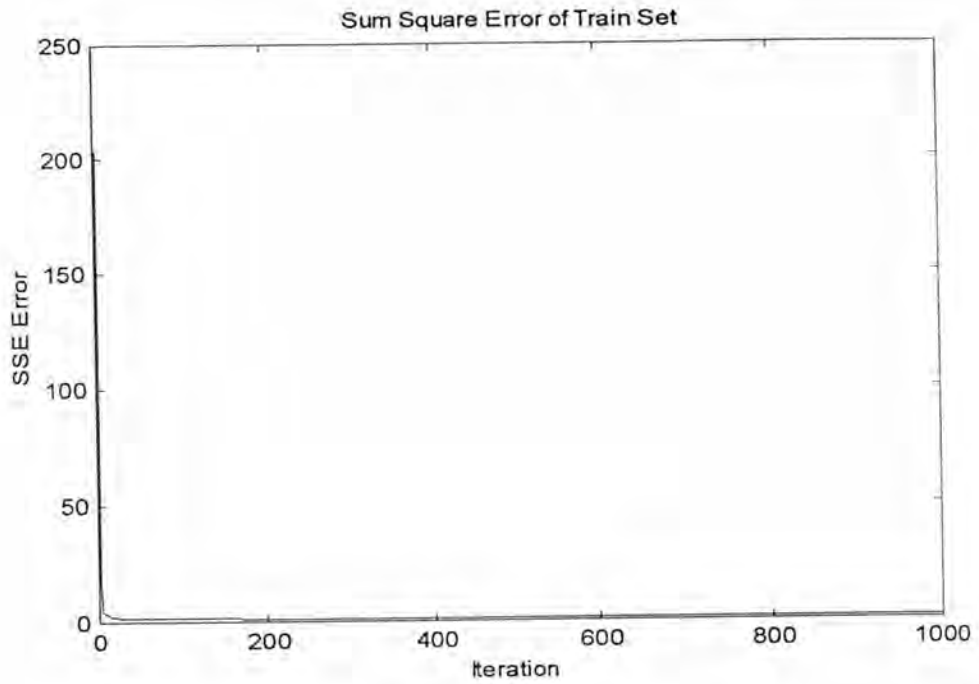
จากกราฟรูปที่ 5.24 และ 5.25 สำหรับการฝึกข่ายงานโครงสร้าง 11-9-1 และ กราฟรูปที่ 5.26 และ 5.27 สำหรับการฝึกข่ายงานโครงสร้าง 11-7-3-1 จะแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองที่จำนวนรอบต่างๆ จะพบว่าเมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้นเนื่องจากอัลกอริทึมจะทำการปรับน้ำหนักเพื่อให้ผลของค่าเป้าหมายและค่าเอาท์พุทมีค่าต่างกันในน้อยลง



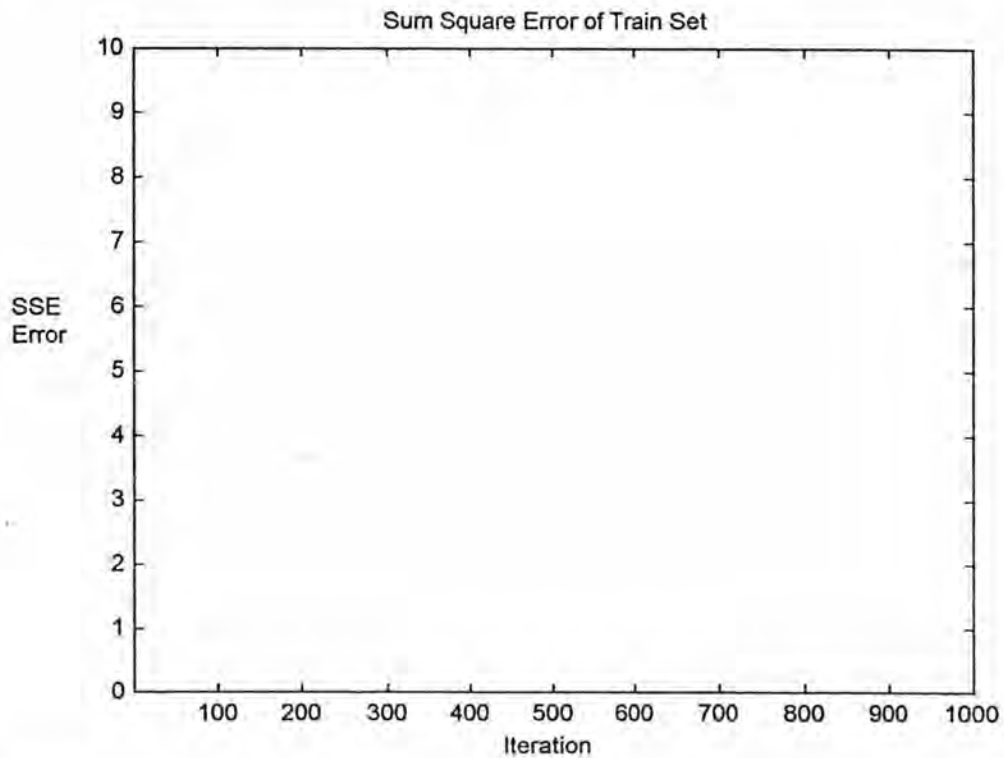
รูปที่ 5.24 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข่ายงานในโครงสร้าง 11-9-1



รูปที่ 5.25 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข่ายงานในโครงสร้าง 11-9-1
ซึ่งขยายกราฟ 5.22 ในช่วงสเกล SSE Error = 0-10

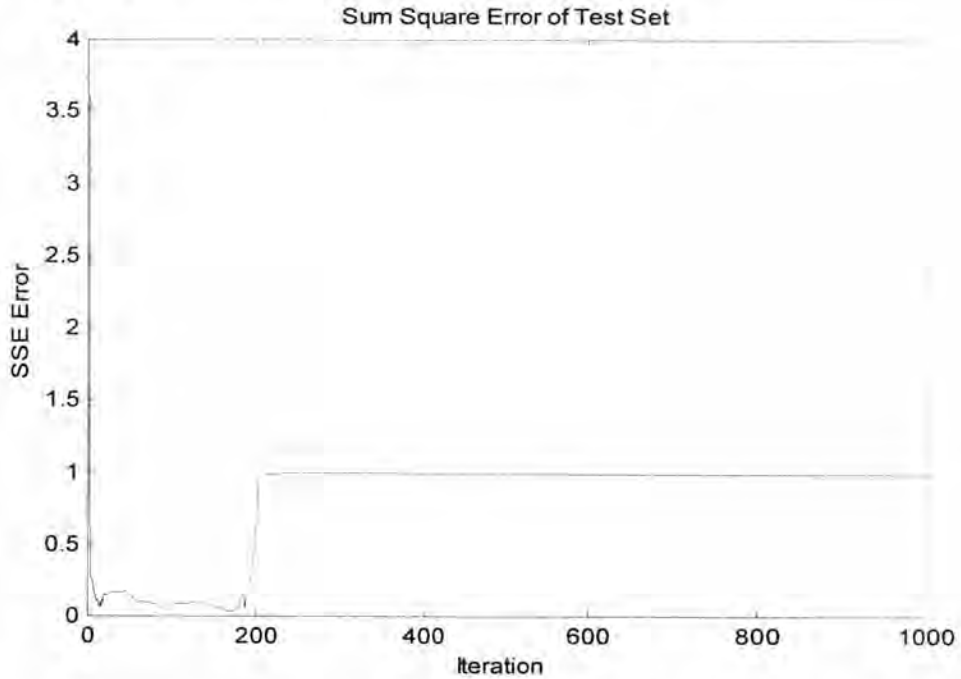


รูปที่ 5.26 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกใช้งานในโครงสร้าง 11-7-3-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2

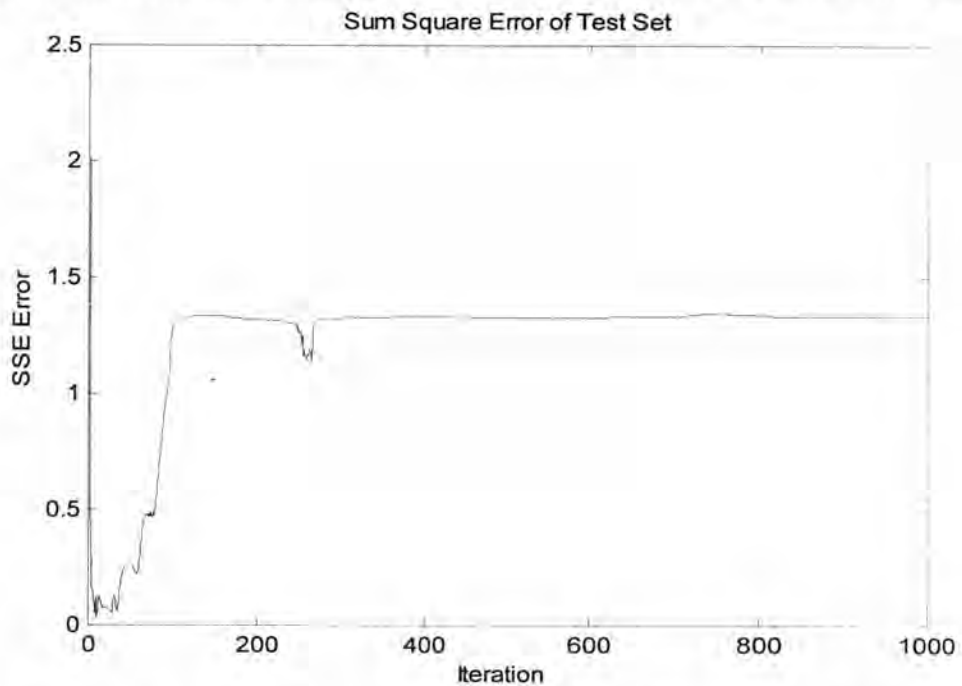


รูปที่ 5.27 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกใช้งานในโครงสร้าง 11-7-3-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 ซึ่งขยายกราฟ 5.24 ในช่วงสเกล SSE Error = 0-10

ในกรณีที่ใช้ชุดข้อมูลชุดที่ 2 ในการทดสอบข่ายงาน (จากกราฟรูปที่ 5.28 ในแบบจำลอง 11-9-1 และกราฟรูปที่ 5.29 ในแบบจำลอง 11-7-3-1 จะพบว่าค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะมีค่าต่ำสุดที่ค่าๆ หนึ่ง และต่อไปจะมีแนวโน้มมากขึ้นมากกว่าจุดต่ำสุด ซึ่งค่าความผิดพลาดต่ำสุดเรียกว่า global minima ส่วน ค่าความผิดพลาด ณ จุดอื่นๆ เรียกว่า local minima

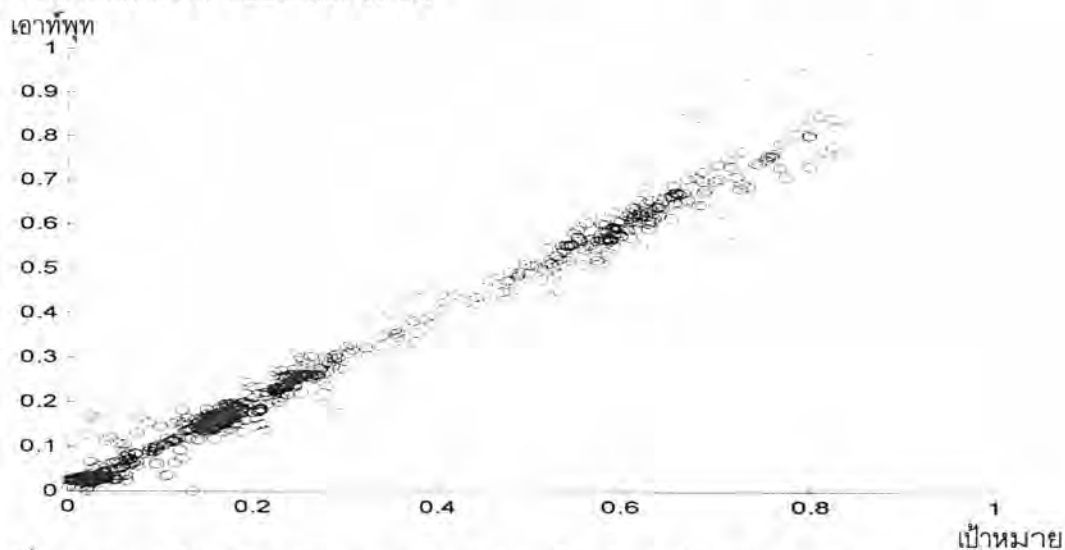


รูปที่ 5.28 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดทดสอบข่ายงานในโครงสร้าง 11-9-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2

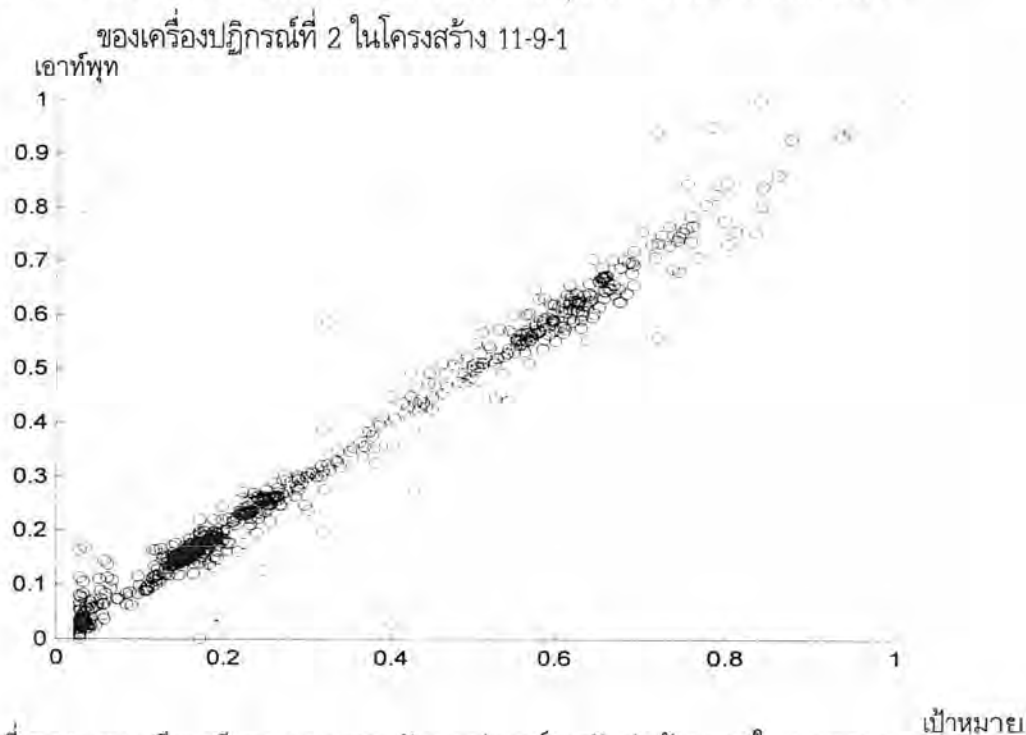


รูปที่ 5.29 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดทดสอบข่ายงานในโครงสร้าง 11-7-3-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2

จากกราฟรูปที่ 5.30 ของแบบจำลอง 11-9-1 และ กราฟรูปที่ 5.31 ของแบบจำลอง 11-7-3-1 พบว่าการกระจายตัวของแบบจำลอง 11-7-3-1 น้อยกว่าแบบ 11-9-1 นั่นคือ ค่าเออร์ทพุทกับค่าเป้าหมายของแบบจำลอง 11-7-3-1 มีค่าใกล้เคียงกว่าแบบจำลอง 11-9-1

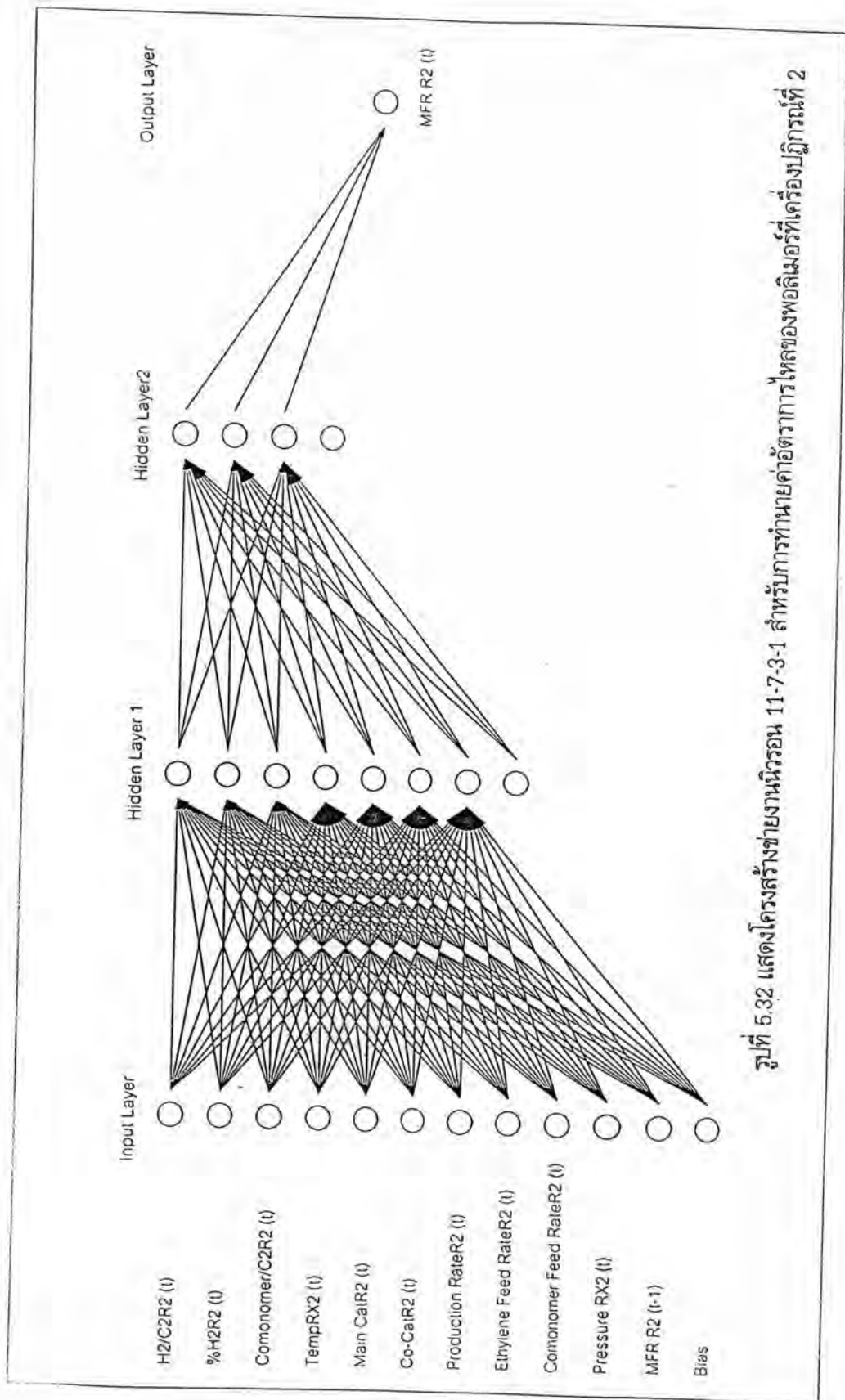


รูปที่ 5.30 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเออร์ทพุทกับค่าเป้าหมายในสเกล 0-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 ในโครงสร้าง 11-9-1



รูปที่ 5.31 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเออร์ทพุทกับค่าเป้าหมายในสเกล 0-1 ในโครงสร้าง 11-7-3-1 ของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2

ดังนั้นจากการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 พบว่าโครงสร้าง 11-7-3-1 เหมาะสมสำหรับในการไปใช้แบบจำลองในการทำนายผลออนไลน์เนื่องจากมีค่าความผิดพลาดต่ำที่สุด และสามารถทำนายค่าเออร์ทพุทได้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายดีกว่าแบบจำลองอื่นๆ



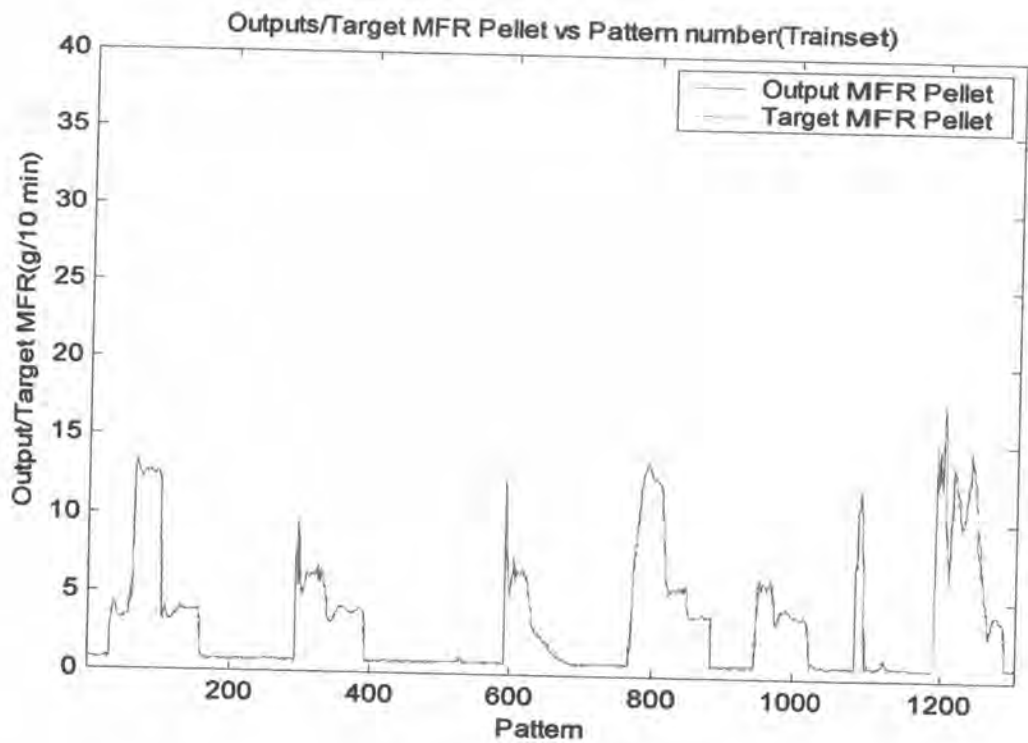
รูปที่ 5.32 แสดงโครงสร้างข่ายงานนิวรอน 11-7-3-1 สำหรับการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 2

5.3.3 การวิเคราะห์ผลการจำลองของการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

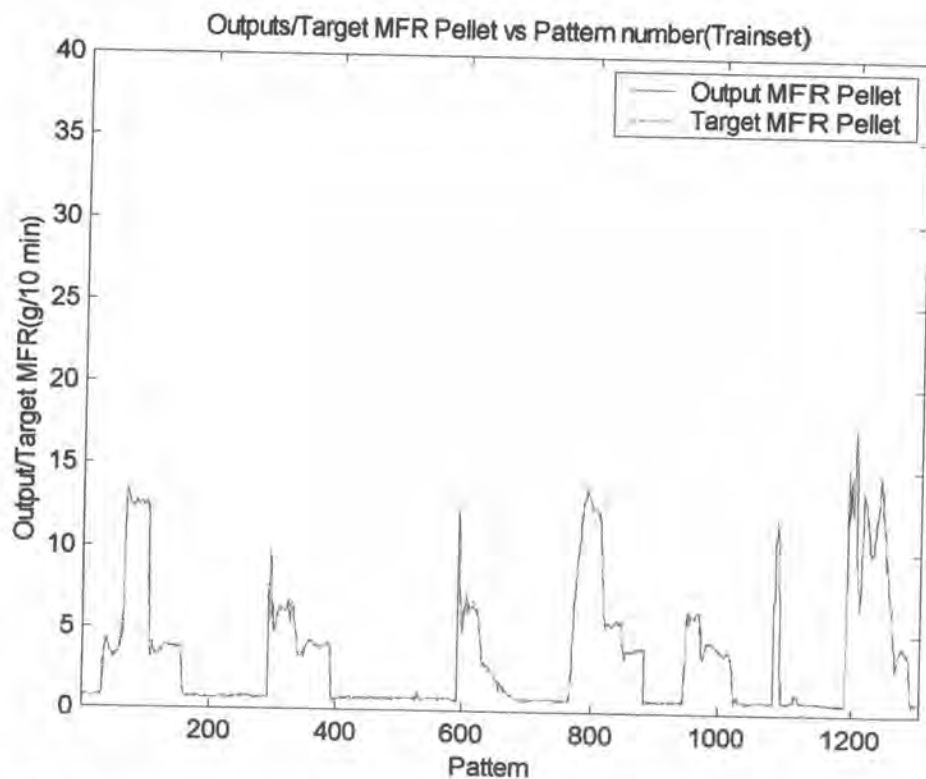
จากการป้อนข้อมูลอินพุตเท่ากับ 27 เวคเตอร์ และค่าเป้าหมาย 1 เวคเตอร์ เข้าในโครงสร้างข่ายงานนิวรัลแบบ 3 ชั้น (จำนวนนิวรัลในชั้นอินพุต-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 1-จำนวนนิวรัลในชั้นเอาต์พุต) และ 4 ชั้น (จำนวนนิวรัลในชั้นอินพุต-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 1-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนที่ 2 -จำนวนนิวรัลในชั้นเอาต์พุต) และทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนค่านิวรัลในชั้นซ่อนแต่ละชั้นเท่ากับ 3,5,7,9,11 ตามลำดับ โดยแบ่งอินพุต 10 นิวรัลแรกรวมกับค่าอัตราการไหล ณ เวลาที่ผ่านมาของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 ป้อนเข้าในโครงสร้าง 11-5-3-1 ที่ได้เลือกมาจากผลการจำลองข้อ 5.3.1 เพื่อทำนายค่าเอาต์พุตของค่าอัตราการไหลของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 และ อินพุต 11-20 นิวรัลรวมกับค่าอัตราการไหล ณ เวลาที่ผ่านมาของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 ป้อนเข้าในโครงสร้าง 11-7-3-1 ที่ได้เลือกมาจากผลการจำลองข้อ 5.3.2 เพื่อทำนายค่าเอาต์พุตของค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 และนำค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 และ 2 ที่ทำนายได้มารวมกับจำนวนอินพุตที่เหลืออีก 5 นิวรัล ซึ่งผลการจำลองแสดงในตารางที่ 5.3 จะพบว่าที่โครงสร้าง 27-5-1 จะให้ค่าความผิดพลาดรวมยกกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับข่ายงานนิวรัลแบบ 3 ชั้น และโครงสร้าง 27-7-3-1 จะให้ค่าความผิดพลาดรวมยกกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับข่ายงานนิวรัลแบบ 4 ชั้น ดังนั้นจะทำการเปรียบเทียบกราฟของทั้งสองโครงสร้างนี้ จากกราฟที่ 5.33 และ 5.34 จะพบว่าการเรียนรู้ในสร้างข่ายงานนิวรัลของโครงสร้าง 27-5-1 และ 27-7-3-1 มีค่าในการทำนายค่าเอาต์พุตใกล้เคียงกับเป้าหมายได้ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าผลรวมค่าความผิดพลาดยกกำลังสองของแบบจำลองในการทำนายค่าอัตรา
การไหลของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

จำนวนชั้น ในข่ายงาน	จำนวนนิวรัลในชั้น ตอนที่ 1	จำนวนนิวรัลในชั้น ตอนที่ 2	SSE error (ชุดฝึกข่ายงาน)	SSE error (ชุดทดสอบ)	จำนวนรอบทั้งหมด/รอบที่ SSE ต่ำสุด	SSE error ที่ต่ำที่สุด (ชุดทดสอบ)	โมเมนต์ัม
3	3	0	0.655110000	0.715120000	1000/34	0.322286000	8.5×10^{-9}
		5	0.365410000	0.087692600	1000/476	0.087689400	8.5×10^{-10}
		7	0.303710000	0.275395000	1000/386	0.186479000	8.5×10^{-6}
		9	0.209000000	0.160755000	1000/126	0.146398000	8.5×10^{-8}
		11	0.149850000	1.588220000	1000/45	0.127833000	8.5×10^{-6}
4	3	3	0.414790000	0.187012000	1000/918	0.186774000	8.5×10^{-7}
		5	0.662440000	0.668903000	1000/58	0.333737000	8.5×10^{-5}
		7	0.361790000	0.683226000	1000/208	0.178085000	8.5×10^{-4}
		9	0.646610000	0.437772000	1000/20	0.375424000	8.5×10^{-4}
		11	0.585010000	0.677827000	1000/24	0.198300000	8.5×10^{-4}
	5	3	0.275330000	0.145192000	1000/377	0.136493000	8.5×10^{-5}
		5	0.224420000	0.131641000	1000/94	0.129810000	8.5×10^{-6}
		7	0.195780000	0.109678000	1000/160	0.096132100	8.5×10^{-5}
		9	0.201340000	0.615525000	1000/109	0.118031000	8.5×10^{-5}
		11	0.164440000	0.232108000	1000/22	0.070747500	8.5×10^{-6}
	7	3	0.192540000	0.053554600	1000/1000	0.053554600	8.5×10^{-7}
		5	0.138900000	0.621656000	1000/39	0.117733000	8.5×10^{-7}
		7	0.114450000	0.194337000	1000/113	0.107629000	8.5×10^{-5}
		9	0.078606000	1.562600000	1000/24	0.112607000	8.5×10^{-5}
		11	0.070636000	0.822402000	1000/48	0.144169000	8.5×10^{-6}
	9	3	0.151990000	0.372402000	1000/23	0.206446000	8.5×10^{-7}
		5	0.078442000	1.448390000	1000/39	0.219797000	8.5×10^{-7}
		7	0.087529000	0.615211000	1000/33	0.094511900	8.5×10^{-5}
		9	0.059300000	0.284319000	1000/17	0.148387000	8.5×10^{-7}
		11	0.059143000	1.787590000	1000/471	0.143110000	8.5×10^{-6}
	11	3	0.122236000	0.237812000	1000/91	0.170554000	8.5×10^{-5}
		5	0.136270000	2.869750000	1000/87	0.064928700	8.5×10^{-6}
		7	0.092177000	0.421425000	1000/60	0.084801400	8.5×10^{-5}
		9	0.044793000	1.731790000	1000/62	0.099962300	8.5×10^{-7}
		11	0.047684000	3.589220000	1000/30	0.115370000	8.5×10^{-7}

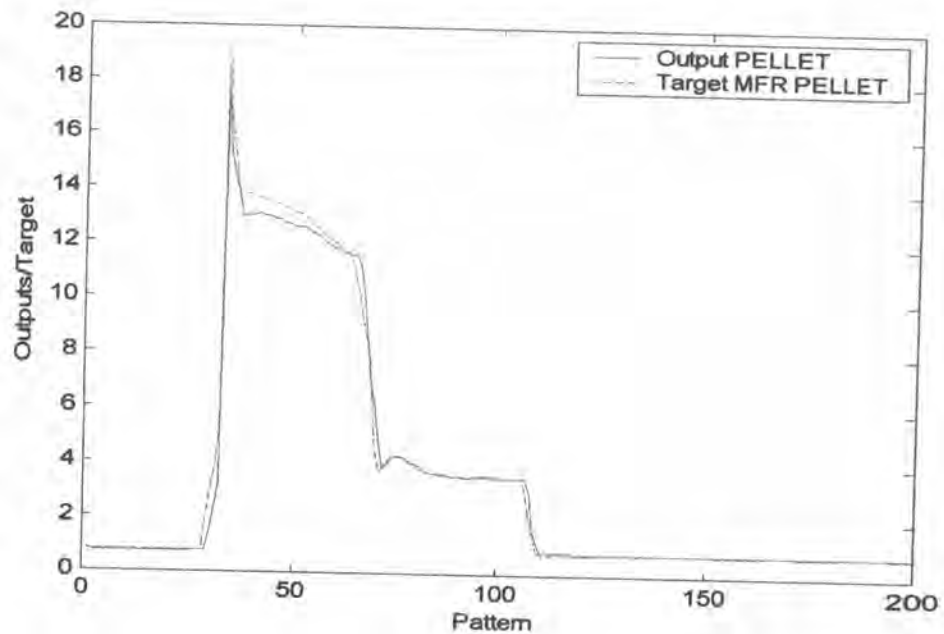


รูปที่ 5.33 การเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของเม็ดพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 27-5-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

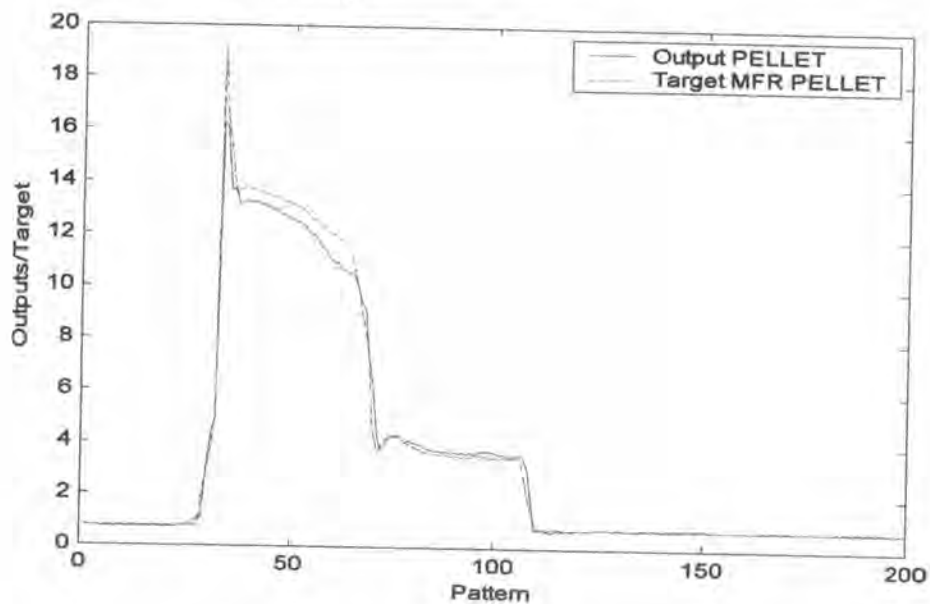


รูปที่ 5.34 การเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของเม็ดพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 27-7-3-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

ส่วนการทดสอบการเรียนรู้ (ข้อมูลชุดที่ 2) ที่ค่าความผิดพลาดต่ำสุดของทั้งสองโครงสร้าง (จากกราฟรูปที่ 5.35 และ 5.36) พบว่าโครงสร้าง 27-7-3-1 ให้ค่าการทำนายเออร์พู่ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายดีกว่าโครงสร้าง 27-5-1

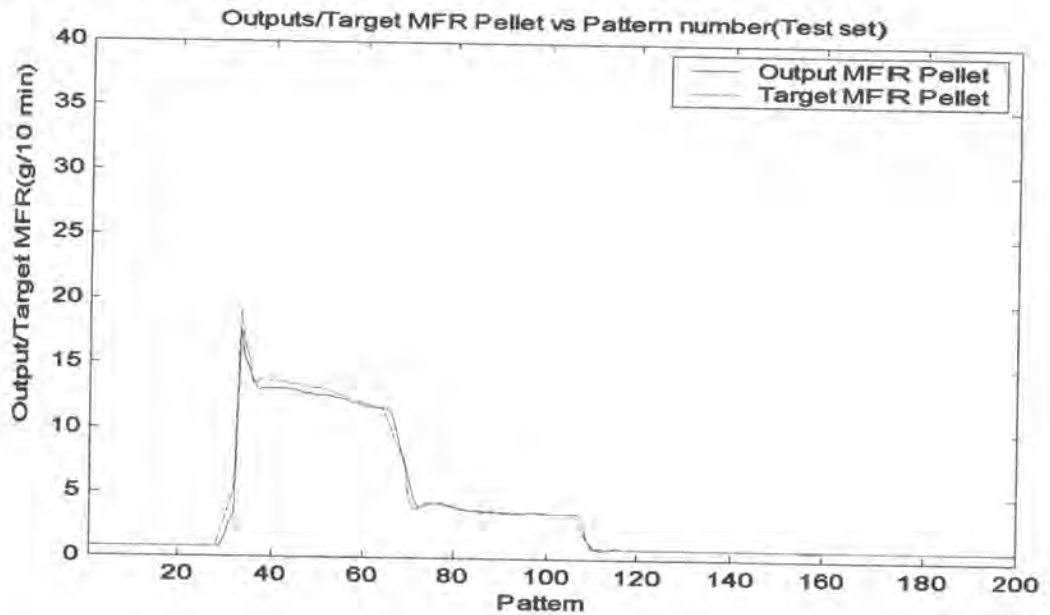


รูปที่ 5.35 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลหลังผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 27-5-1, ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์, จำนวนรอบ=จำนวนรอบที่มีค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองต่ำที่สุด)

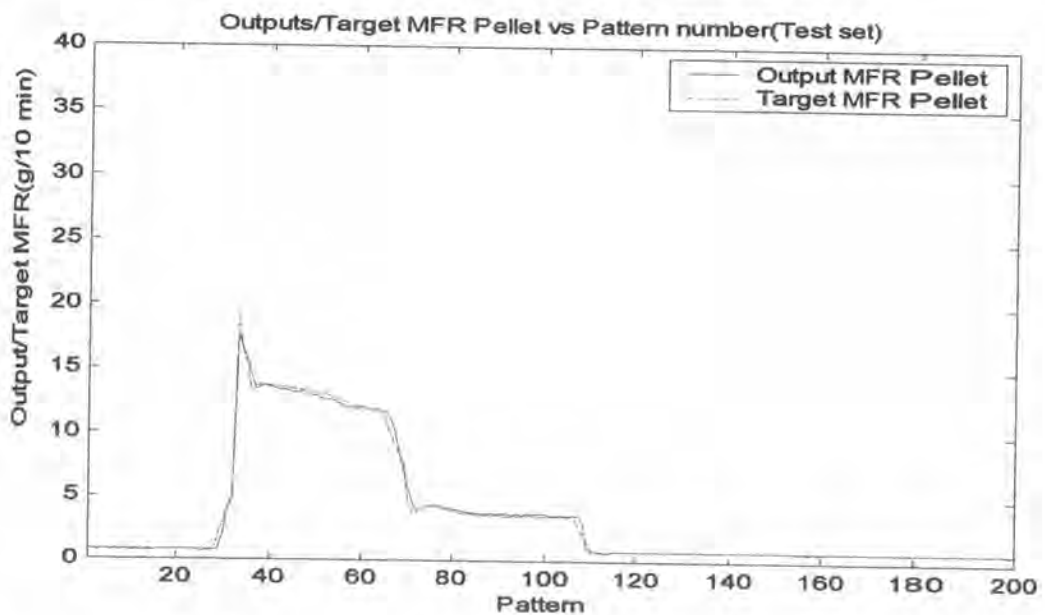


รูปที่ 5.36 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 27-7-3-1, ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์, จำนวนรอบ=จำนวนรอบที่มีค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองต่ำที่สุด)

จากกราฟรูปที่ 5.37 , 5.35 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่จำนวนรอบ = 1000 กับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่จำนวนรอบค่าใดๆของแบบจำลอง 27-5-1 และ กราฟรูปที่ 5.38 และ 5.36 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่จำนวนรอบ = 1000 กับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่จำนวนรอบค่าใดๆของแบบจำลอง 27-7-3-1 พบว่ากราฟที่ความผิดพลาดต่ำสุดให้ค่าการทำนายค่าเอาท์พุทได้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมากกว่าค่าความผิดพลาดที่วนรอบซ้ำจำนวน 1000 รอบ

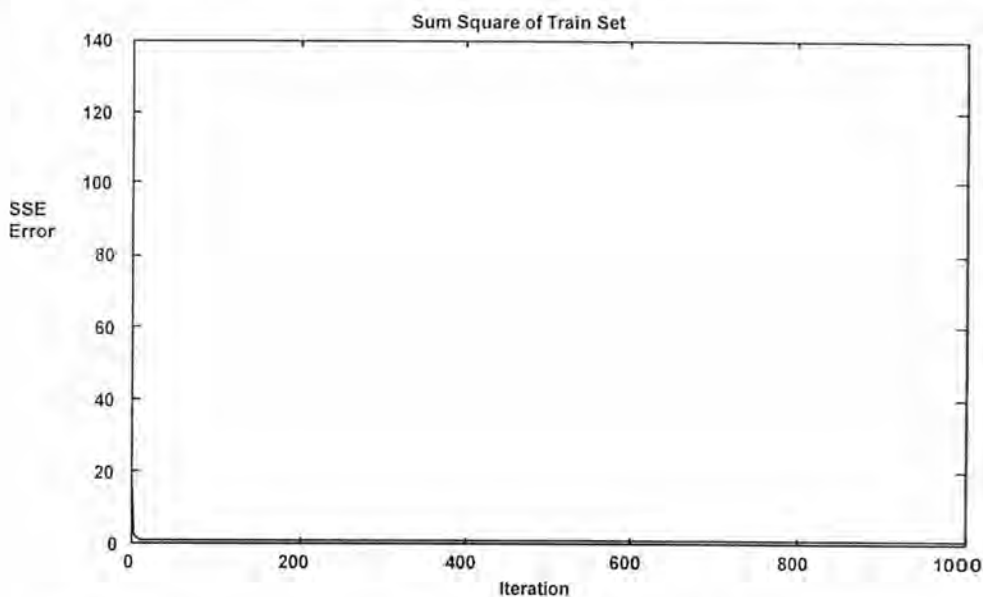


รูปที่ 5.37 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของเม็ดพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 27-5-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

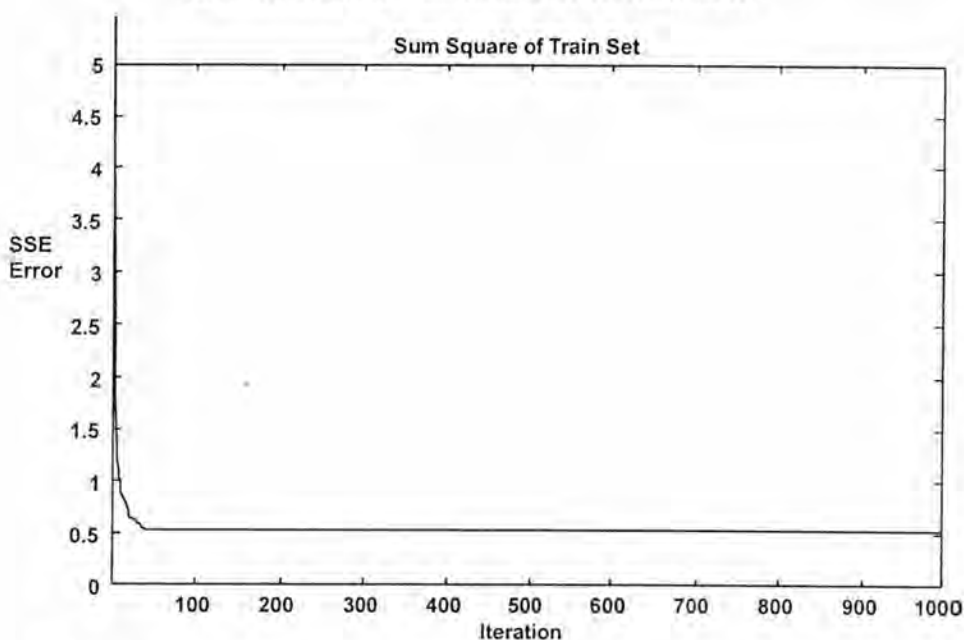


รูปที่ 5.38 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าอัตราการไหลของเม็ดพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 27-7-3-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

จากกราฟรูปที่ 5.39 และ 5.40 สำหรับการฝึกข่ายงานโครงสร้าง 27-5-1 และ กราฟรูปที่ 5.41 และ 5.42 สำหรับการฝึกข่ายงานโครงสร้าง 27-7-3-1 จะแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองที่จำนวนรอบต่างๆ จะพบว่าเมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้นเนื่องจากอัลกอริทึมจะทำการปรับน้ำหนักเพื่อให้ผลของค่าเป้าหมายและค่าเอาท์พุทมีค่าต่างกันน้อยลง



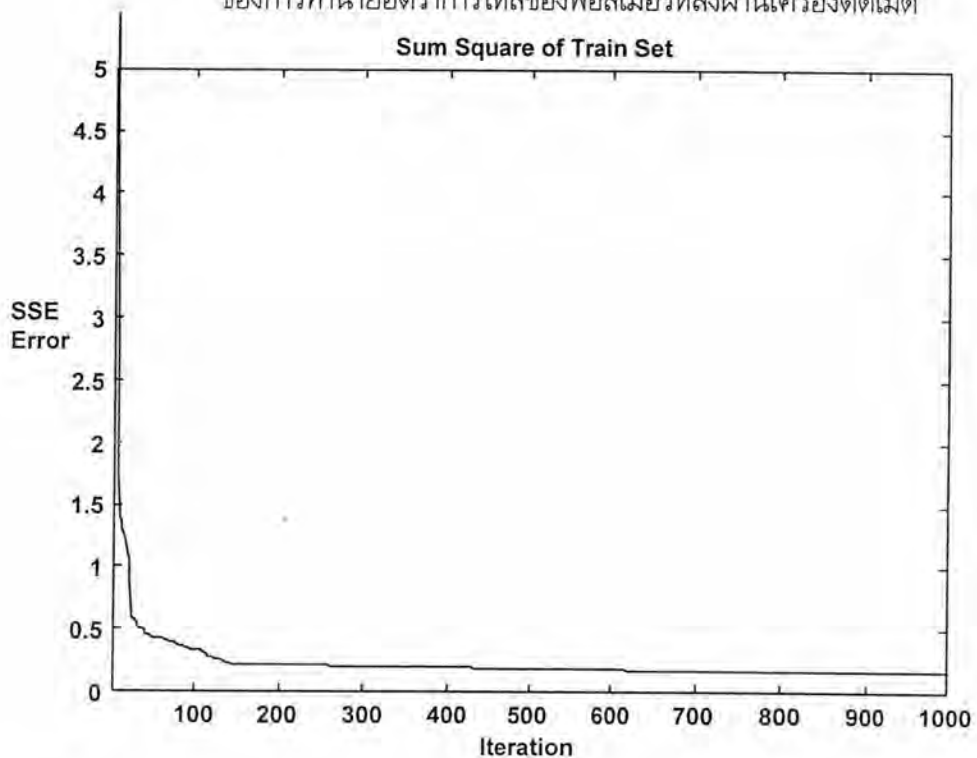
รูปที่ 5.39 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข่ายงานในโครงสร้าง 27-5-1 ของการทำนายค่าอัตราการไหลหลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด



รูปที่ 5.40 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข่ายงานในโครงสร้าง 27-5-1 ของการทำนายค่าอัตราการไหลหลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ดซึ่งขยายกราฟ 5.36 ในช่วงสเกล SSE Error = 0-5

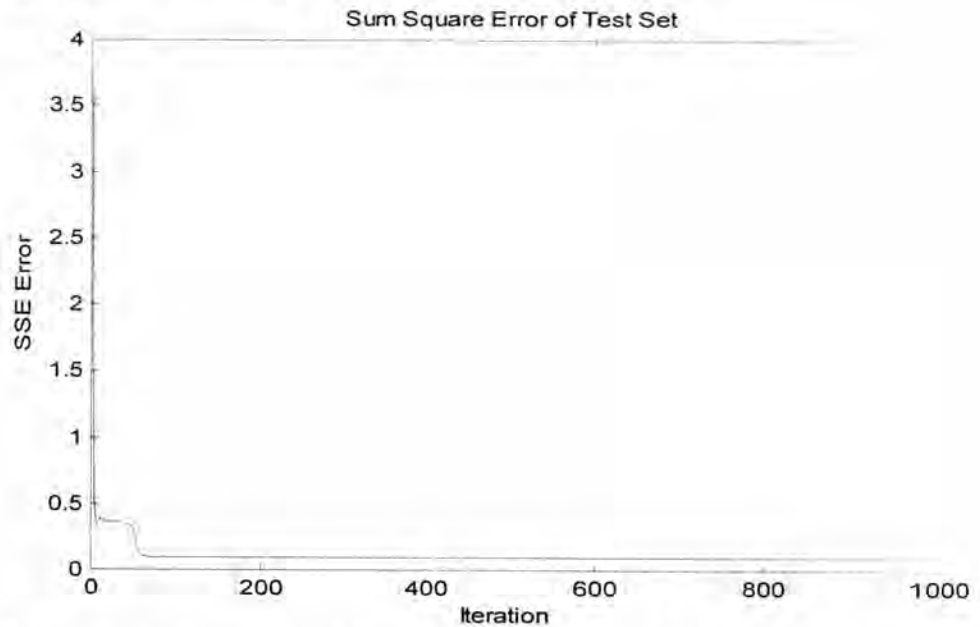


รูปที่ 5.41 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข้างงานในโครงสร้าง 27-7-3-1 ของการทำนายอัตราการใช้ของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด

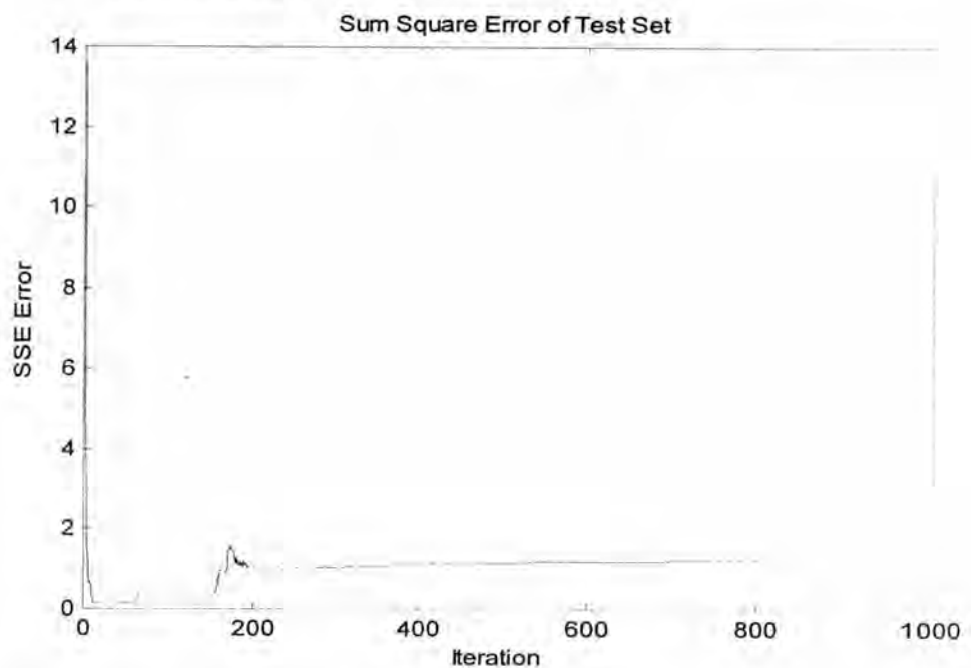


รูปที่ 5.42 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข้างงานในโครงสร้าง 27-7-3-1 ของการทำนายอัตราการใช้ของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด ซึ่งขยายกราฟ 5.41 ในช่วงสเกล SSE Error = 0-5

ในกรณีที่ใช้ชุดข้อมูลชุดที่ 2 ในการทดสอบข่ายงาน (จากกราฟรูปที่ 5.43 ในแบบจำลอง 27-5-1 และกราฟรูปที่ 5.44 ในแบบจำลอง 27-7-3-1 จะพบว่าค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะมีค่าต่ำสุดที่ค่าๆ หนึ่ง และต่อไปจะมีแนวโน้มมากขึ้นมากกว่าจุดต่ำสุด ซึ่งค่าความผิดพลาดต่ำสุดเรียกว่า global minima ส่วน ค่าความผิดพลาด ณ จุดอื่นๆ เรียกว่า local minima

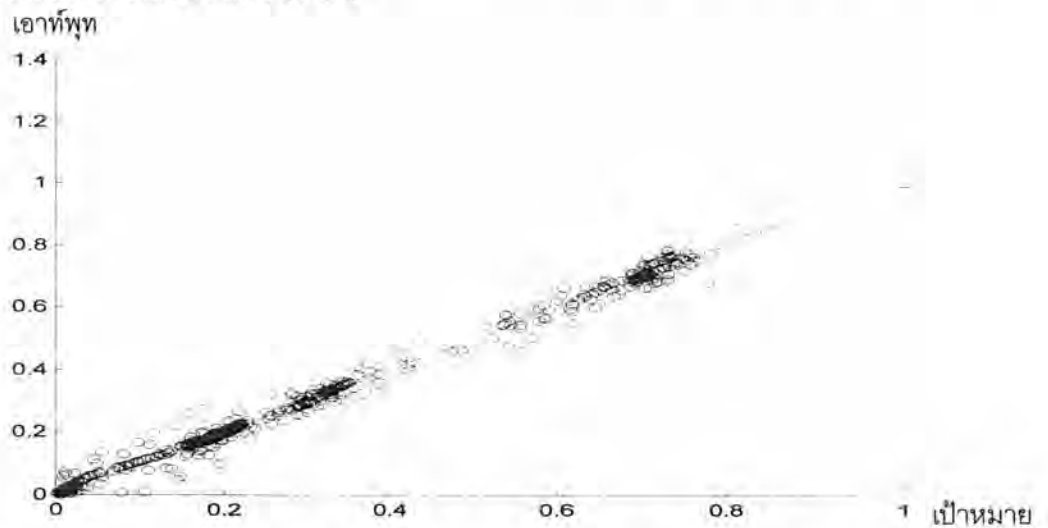


รูปที่ 5.43 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดทดสอบข่ายงานในโครงสร้าง 27-5-1 ของการทำนายค่าอัตราการใช้พลังงานหลังจากเครื่องตัดเมียด

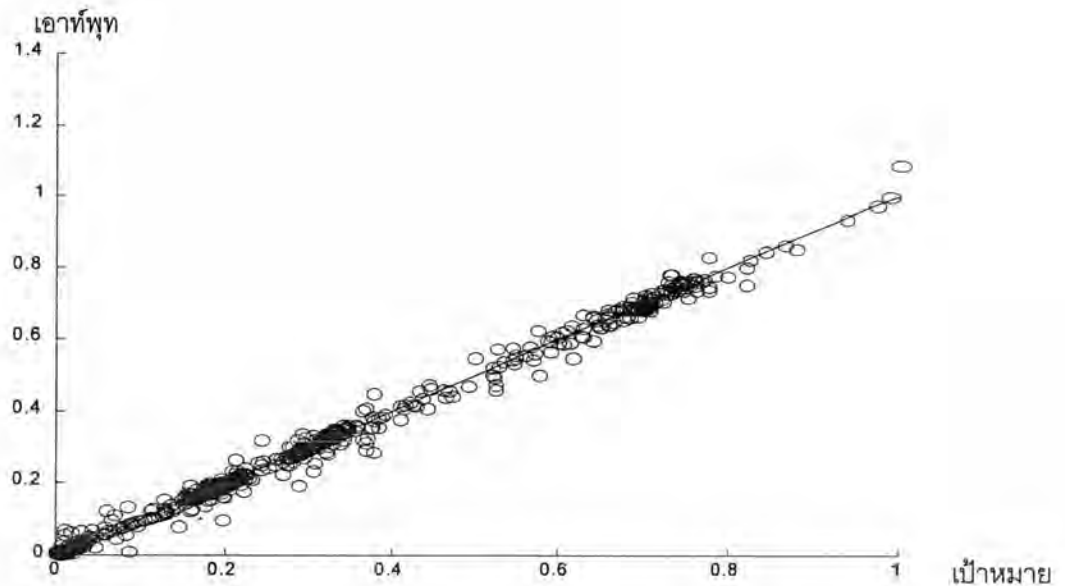


รูปที่ 5.44 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดทดสอบข่ายงานในโครงสร้าง 27-7-3-1 ของการทำนายอัตราการใช้พลังงานของพอลิเมอร์หลังจากเครื่องตัดเมียด

จากกราฟรูปที่ 5.45 ของแบบจำลอง 27-5-1 และ กราฟรูปที่ 5.46 ของแบบจำลอง 27-7-3-1 พบว่าการกระจายตัวของแบบจำลอง 27-7-3-1 น้อยกว่าแบบ 27-5-1 นั่นคือ ค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายของแบบจำลอง 27-3-1 มีค่าใกล้เคียงกว่าแบบจำลอง 27-5-1

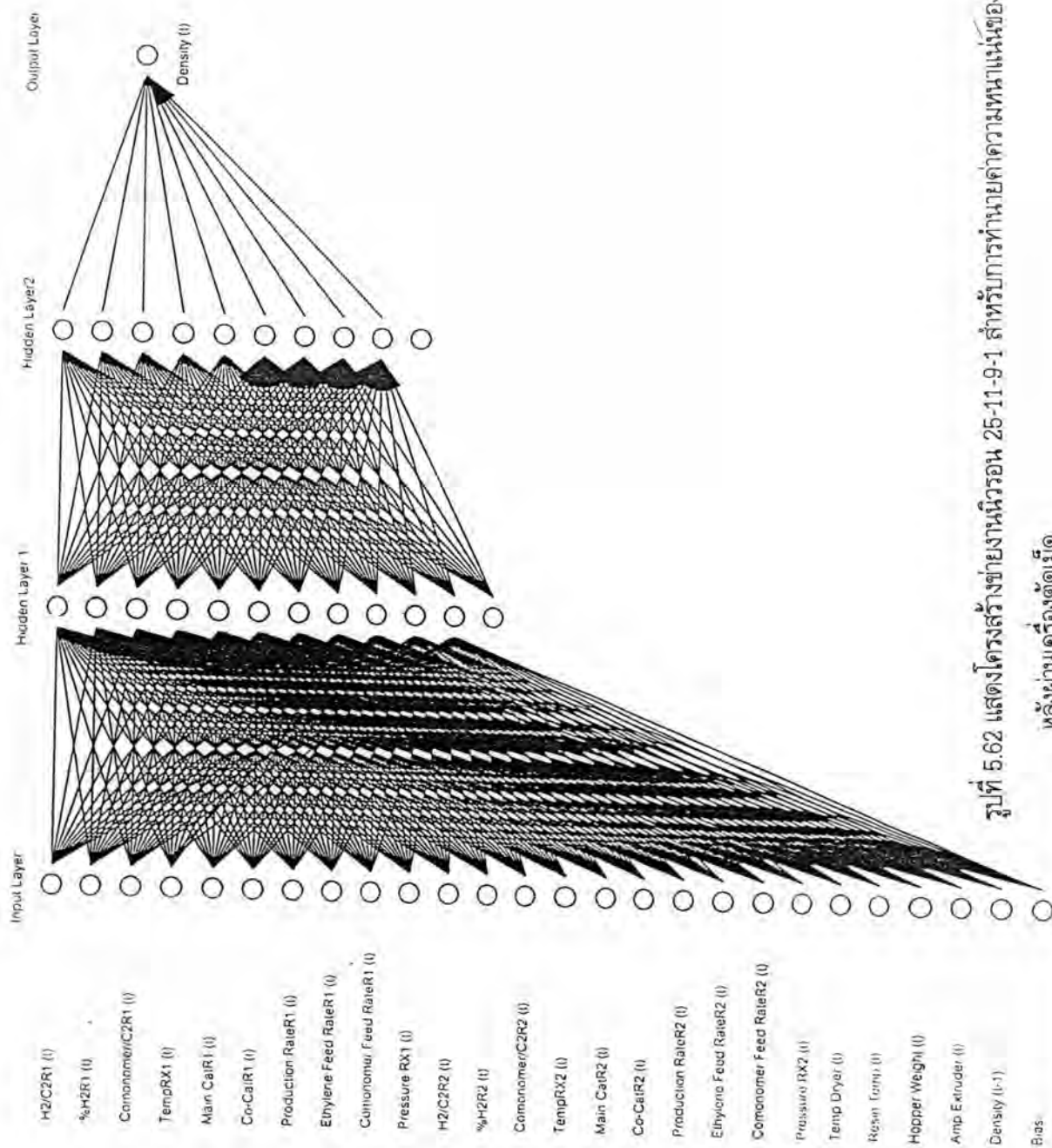


รูปที่ 5.45 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายในสเกล 0-1 ในโครงสร้าง 27-5-1 ของการทำนายค่าอัตราการไหลหลังผ่านเครื่องตัดเม็ด



รูปที่ 5.46 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายในสเกล 0-1 ในโครงสร้าง 27-7-3-1 ของการทำนายอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

ดังนั้นจากการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด พบว่าโครงสร้าง 27-5-3-1 เหมาะสมสำหรับการไปใช้แบบจำลองในการทำนายผลออนไลน์เนื่องจากมีค่าความผิดพลาดต่ำที่สุด และสามารถทำนายค่าเอาร์ทพุทได้ใกล้เคียงกับเป้าหมายดีกว่าแบบจำลองอื่น



รูปที่ 5.62 แสดงโครงข่ายงานนิวรอน 25-11-9-1 สำหรับการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์

หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

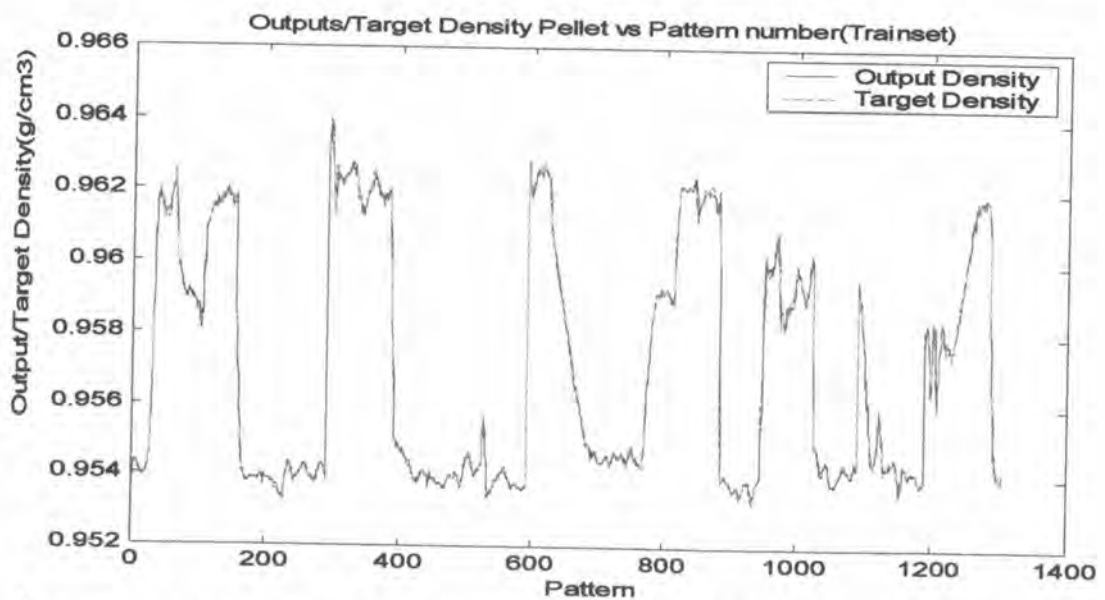
5.3.4 การวิเคราะห์ผลการจำลองของการทำนายค่าความหนาแน่นหลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

จากการป้อนข้อมูลอินพุตเท่ากับ 25 เวกเตอร์ และค่าเป้าหมาย 1 เวกเตอร์ เข้าในโครงสร้างข่ายงานนิวรัลแบบ 3 ชั้น (จำนวนนิวรัลในชั้นอินพุต-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 1-จำนวนนิวรัลในชั้นเอาต์พุต) และ 4 ชั้น (จำนวนนิวรัลในชั้นอินพุต-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนชั้นที่ 1-จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนที่ 2 -จำนวนนิวรัลในชั้นเอาต์พุต) และทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนค่านิวรัลในชั้นซ่อนแต่ละชั้นเท่ากับ 3,5,7,9,11 ตามลำดับ ซึ่งผลการจำลองแสดงในตารางที่ 5.4 จะพบว่าที่โครงสร้าง 25-5-1 จะให้ค่าความผิดพลาดรวมยกกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับข่ายงานนิวรัลแบบ 3 ชั้น และโครงสร้าง 25-11-9-1 จะให้ค่าความผิดพลาดรวมยกกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับข่ายงานนิวรัลแบบ 4 ชั้น ดังนั้นจะทำการเปรียบเทียบกราฟของทั้งสองโครงสร้างนี้ จากกราฟที่ 5.48 และ 5.49 จะพบว่าการเรียนรู้ในสร้างข่ายงานนิวรัลของโครงสร้าง 25-5-1 และ 25-11-9-1 มีค่าในการทำนายค่าเอาต์พุตใกล้เคียงกับเป้าหมายได้ใกล้เคียงกัน

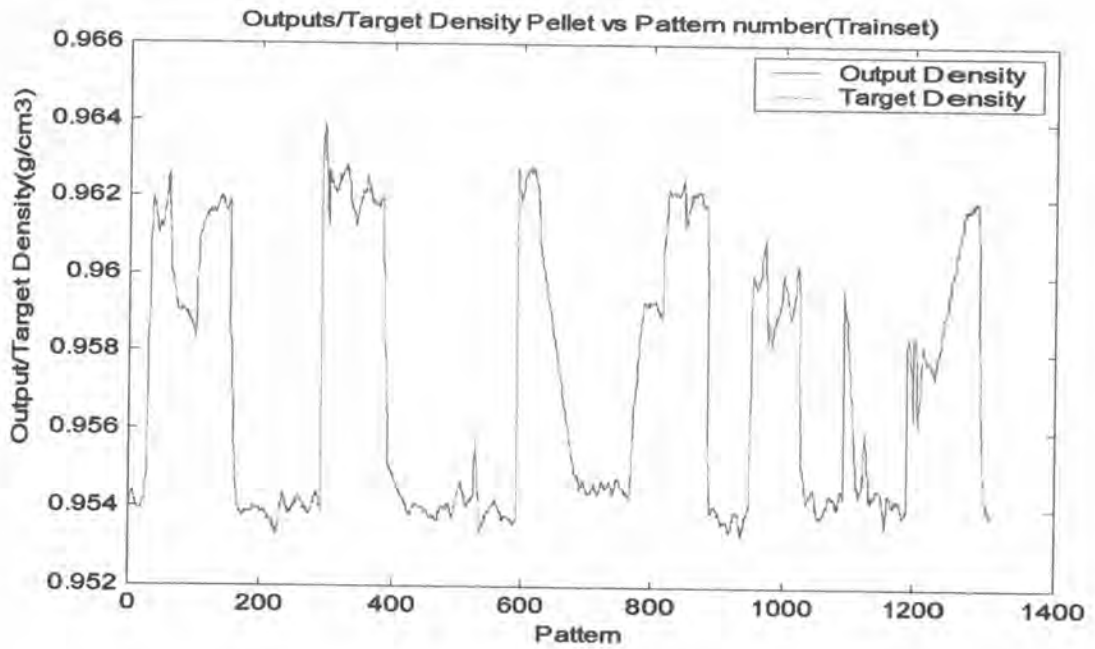
ตารางที่ 5.4 แสดงค่าผลรวมความผิดพลาดยกกำลังสองของแบบจำลองในการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

จำนวนชั้นในข่ายงาน	จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนที่ 1	จำนวนนิวรัลในชั้นซ่อนที่ 2	SSE error (ชุดฝึกข่ายงาน)	SSE error (ชุดทดสอบ)	จำนวนรอบทั้งหมด/รอบที่ SSE ต่ำสุด	SSE error ที่ต่ำที่สุด(ชุดทดสอบ)	โมเมนต์ัม
3	3	0	1.668900000	0.274363000	1000/96	0.251479000	8.5×10^{-4}
		5	0.350200000	0.272969000	1000/40	0.154850000	8.5×10^{-5}
		7	0.206950000	0.252114000	1000/9	0.165170000	8.5×10^{-8}
		9	0.144750000	0.785583000	1000/22	0.198524000	8.5×10^{-7}
		11	0.092357000	1.302330000	1000/8	0.183743000	8.5×10^{-7}
4	3	3	0.589460000	0.299356000	1000/6	0.140904000	8.5×10^{-5}
		5	0.371000000	0.912427000	1000/51	0.116580000	8.5×10^{-5}
		7	0.477090000	0.277452000	1000/843	0.097225600	8.5×10^{-5}
		9	0.331530000	0.250933000	1000/39	0.186228000	8.5×10^{-5}
		11	0.239170000	0.360211000	1000/7	0.144582000	8.5×10^{-7}
	5	3	0.237840000	0.266598000	1000/18	0.141984000	8.5×10^{-7}
		5	0.173490000	2.015800000	1000/37	0.182959000	8.5×10^{-6}
		7	0.255060000	0.747903000	1000/21	0.141655000	8.5×10^{-5}
		9	0.156520000	1.485890000	1000/24	0.144319000	8.5×10^{-6}

จำนวนชั้น ในข่ายงาน	จำนวนนิวรัลใน ชั้นซ่อนที่ 1	จำนวนนิวรัลใน ชั้นซ่อนที่ 2	SSE error (ชุดฝึกข่าย งาน)	SSE error (ชุดทดสอบ)	จำนวนรอบทั้ง หมด/รอบที่ SSE ต่ำสุด	SSE error ที่ต่ำที่ สุด(ชุดทดสอบ)	โมเมนตัม
		11	0.154080000	0.714950000	1000/19	0.137554000	8.5×10^{-7}
	7	3	0.152910000	0.735612000	1000/10	0.194758000	8.5×10^{-5}
		5	0.114820000	1.061260000	1000/23	0.126626000	8.5×10^{-6}
		7	0.110730000	1.457210000	1000/9	0.158041000	8.5×10^{-5}
		9	0.129220000	0.380664000	1000/15	0.133250000	8.5×10^{-5}
		11	0.085212000	0.986668000	1000/21	0.155291000	8.5×10^{-6}
	9	3	0.105470000	3.886550000	1000/10	0.207981000	8.5×10^{-6}
		5	0.084332000	0.239930000	1000/11	0.136250000	8.5×10^{-7}
		7	0.072355000	2.148150000	1000/6	0.177944000	8.5×10^{-5}
		9	0.066807000	0.717754000	1000/14	0.159485000	8.5×10^{-7}
		11	0.055737000	0.856976000	1000/14	0.134196000	8.5×10^{-6}
	11	3	0.073455000	0.580888000	1000/14	0.179590000	8.5×10^{-6}
		5	0.062622000	3.384470000	1000/23	0.148803000	8.5×10^{-6}
		7	0.049656000	0.488782000	1000/10	0.132894000	8.5×10^{-6}
		9	0.043699000	1.485110000	1000/69	0.088307800	8.5×10^{-6}
		11	0.039245000	0.943437000	1000/9	0.169536000	8.5×10^{-7}

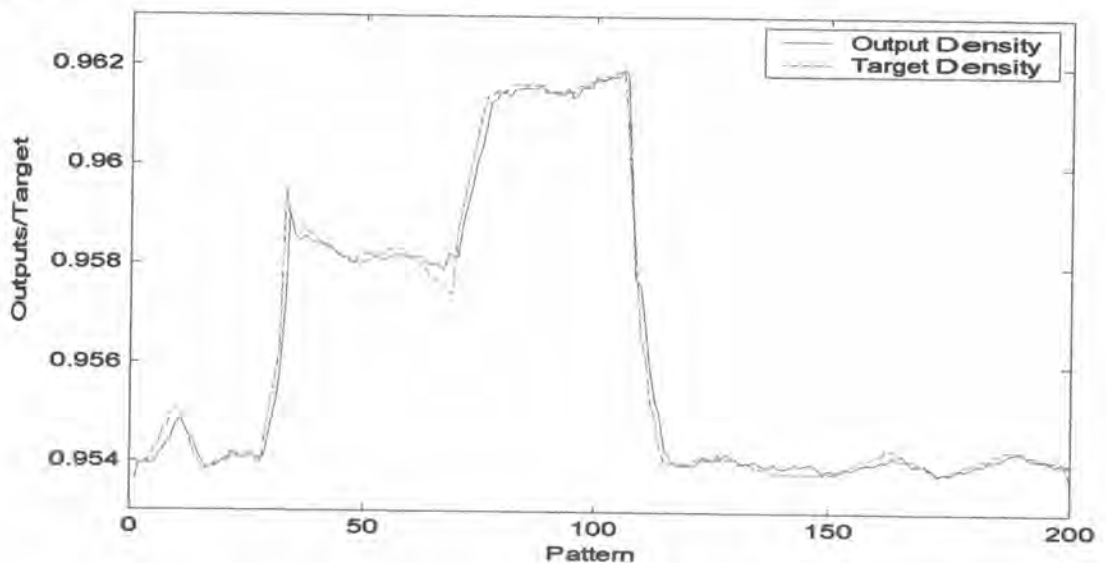


รูปที่ 5.48 การเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าความหนาแน่นของเม็ดพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 25-5-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

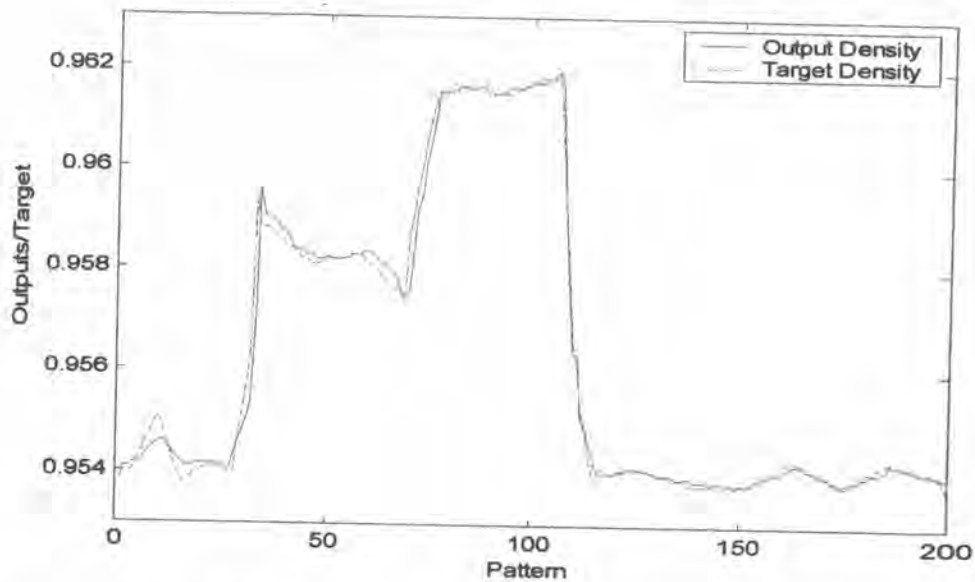


รูปที่ 5.49 การเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าความหนาแน่นของเม็ดพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 25-11-9-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

ส่วนการทดสอบการเรียนรู้ (ข้อมูลชุดที่ 2) ที่ค่าความผิดพลาดต่ำสุดของทั้งสองโครงสร้าง (จากกราฟรูปที่ 5.50 และ 5.51) พบว่าโครงสร้าง 25-11-9-1 ให้ค่าการทำนายเอาท์พุทใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายดีกว่าโครงสร้าง 25-5-1

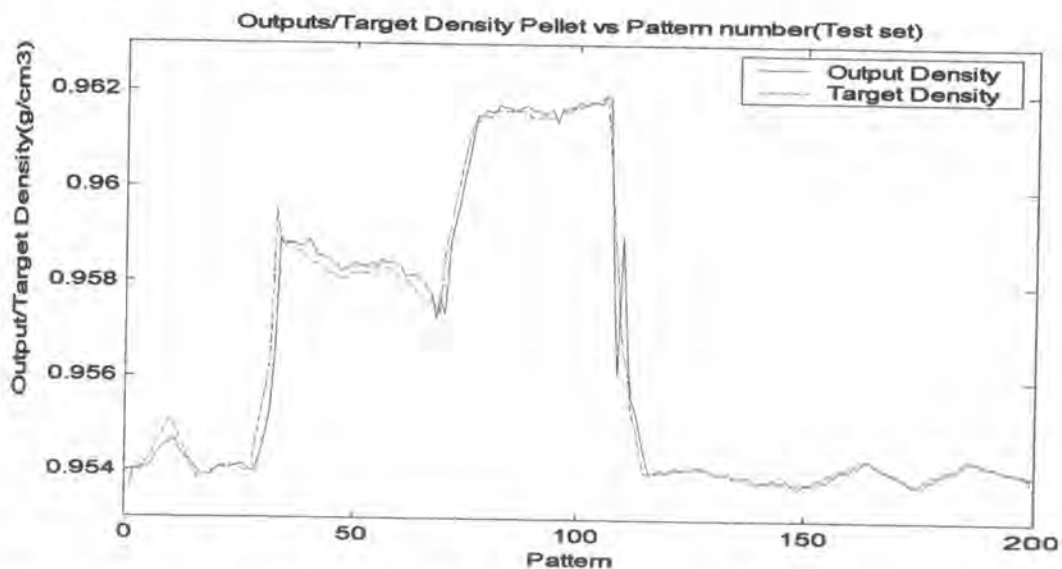


รูปที่ 5.50 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 25-5-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ=จำนวนรอบที่มีค่าความผิดพลาดรวมก้ำลั้งสองต่ำที่สุด)

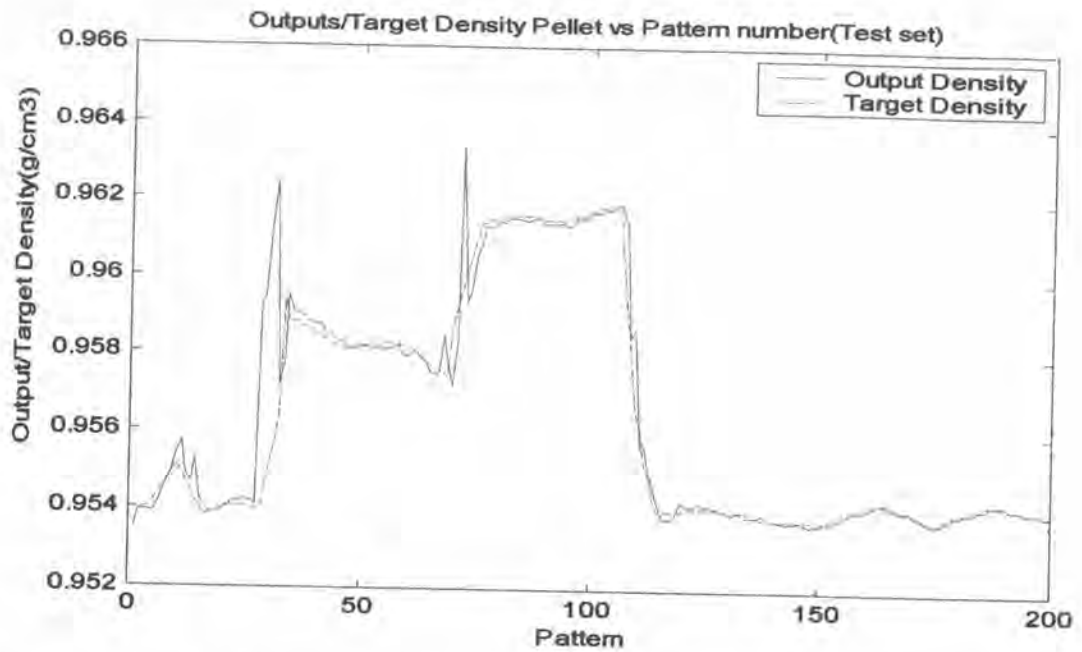


รูปที่ 5.51 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 25-11-9-1, ฟังก์ชันกระตุ้นซิกมอยด์, จำนวนรอบ=จำนวนรอบที่มีค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองต่ำที่สุด)

จากกราฟรูปที่ 5.52, 5.50 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่จำนวนรอบ = 1000 กับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่จำนวนรอบค่าใดๆของแบบจำลอง 25-5-1 และ กราฟรูปที่ 5.53 และ 5.51 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่จำนวนรอบ = 1000 กับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่จำนวนรอบค่าใดๆของแบบจำลอง 27-7-3-1 พบว่ากราฟที่ความผิดพลาดต่ำสุดให้ค่าการทำนายค่าเอทพุทได้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมากกว่าค่าความผิดพลาดที่วนรอบซ้ำจำนวน 1000 รอบ

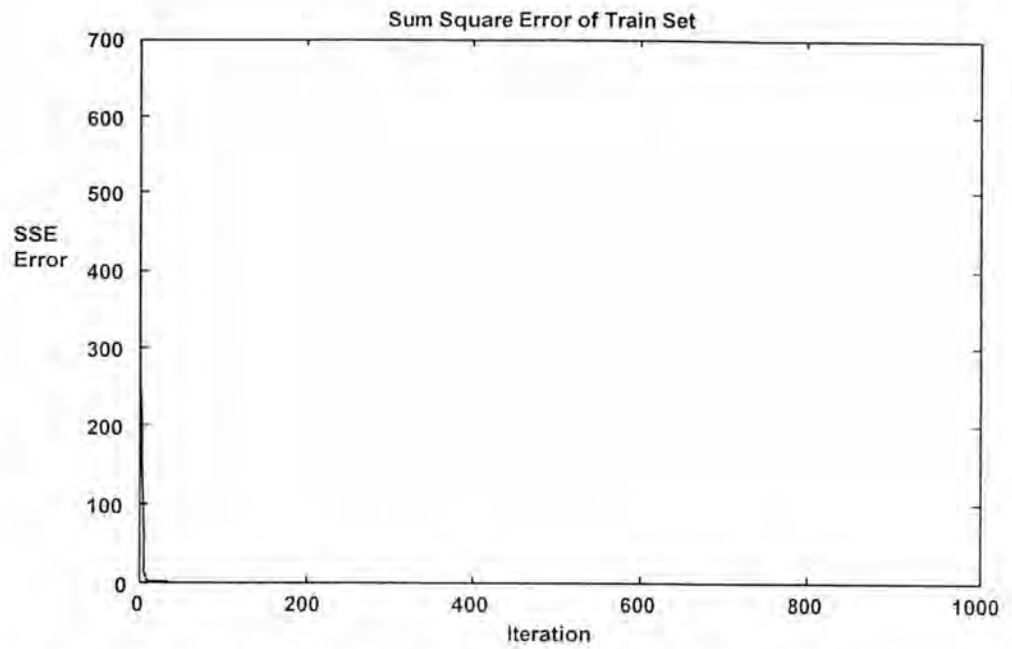


รูปที่ 5.52 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าความหนาแน่นของเม็ดพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 25-5-1, ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์, จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

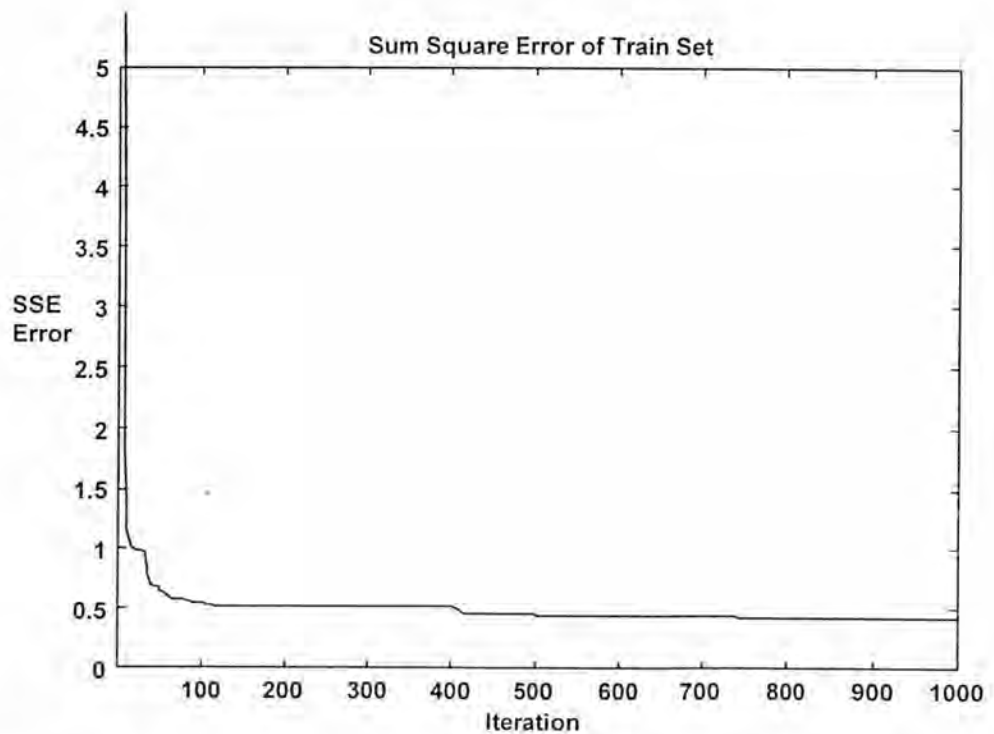


รูปที่ 5.53 การทดสอบการเรียนรู้กระบวนการทำนายค่าความหนาแน่นของเม็ดพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 25-11-9-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 1000 รอบ)

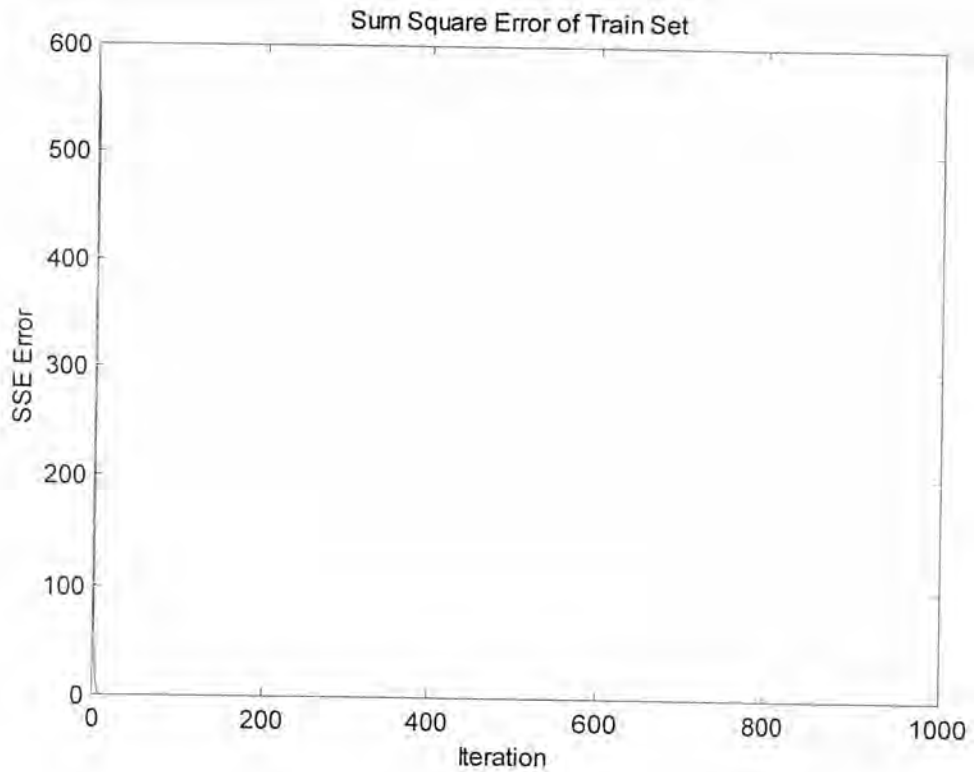
จากกราฟรูปที่ 5.54 และ 5.55 สำหรับการฝึกช่ายงานโครงสร้าง 25-5-1 และ กราฟรูปที่ 5.56 และ 5.57 สำหรับการฝึกช่ายงานโครงสร้าง 25-11-9-1 จะแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองที่จำนวนรอบต่างๆ จะพบว่าเมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้นเนื่องจากอัลกอริธึมจะทำการปรับน้ำหนักเพื่อให้ผลของค่าเป้าหมายและค่าเอาท์พุทมีค่าต่างกันน้อยลง



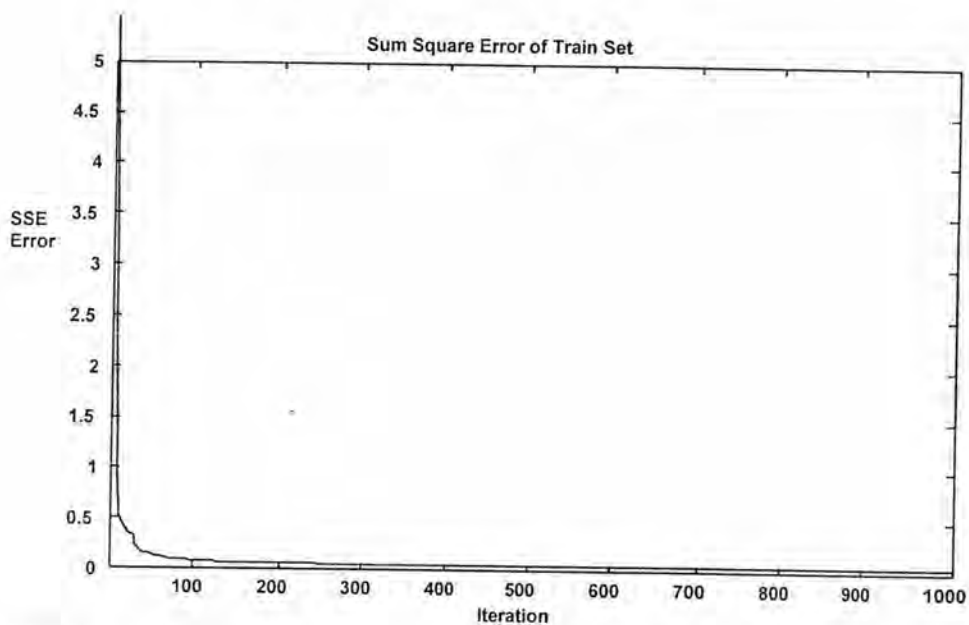
รูปที่ 5.54 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข้างงานในโครงสร้าง 25-5-1
ของการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด



รูปที่ 5.55 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข้างงานในโครงสร้าง 25-5-1 ของการทำนายค่าความ
หนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด ซึ่งขยายกราฟ 5.52 ในช่วงสเกล SSE Error = 0-5

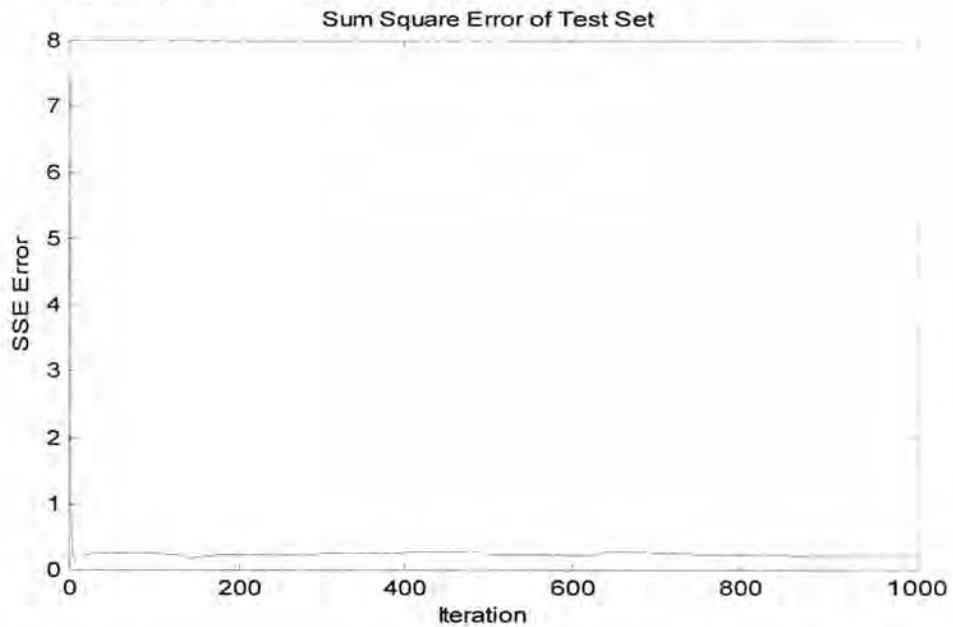


รูปที่ 5.56 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข้างงานในโครงสร้าง 25-11-9-1 ของการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

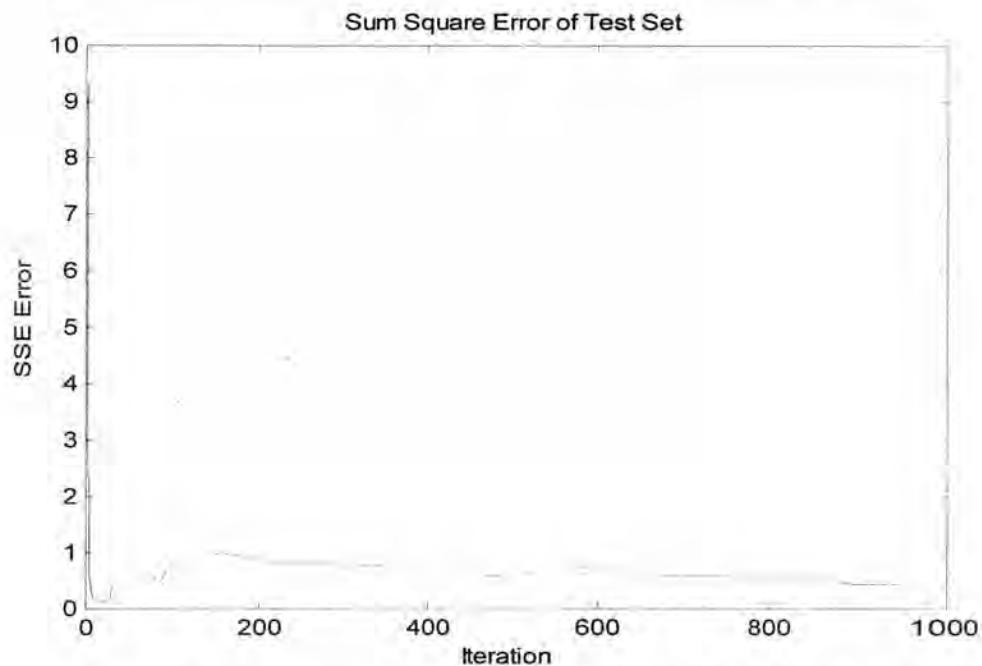


รูปที่ 5.57 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดฝึกข้างงานในโครงสร้าง 25-11-9-1 ของการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด ซึ่งขยายกราฟ 5.54 ในช่วงสเกล SSE Error = 0-5

ในกรณีที่ใช้ชุดข้อมูลชุดที่ 2 ในการทดสอบข้างงาน (จากกราฟรูปที่ 5.58 ในแบบจำลอง 25-5-1 และกราฟรูปที่ 5.59 ในแบบจำลอง 25-11-9-1 จะพบว่าค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองจะมีค่าต่ำสุดที่ค่าๆ หนึ่ง และต่อไปจะมีแนวโน้มมากขึ้นมากกว่าจุดต่ำสุด ซึ่งค่าความผิดพลาดต่ำสุดเรียกว่า global minima ส่วนค่าความผิดพลาด ณ จุดอื่นๆ เรียกว่า local minima

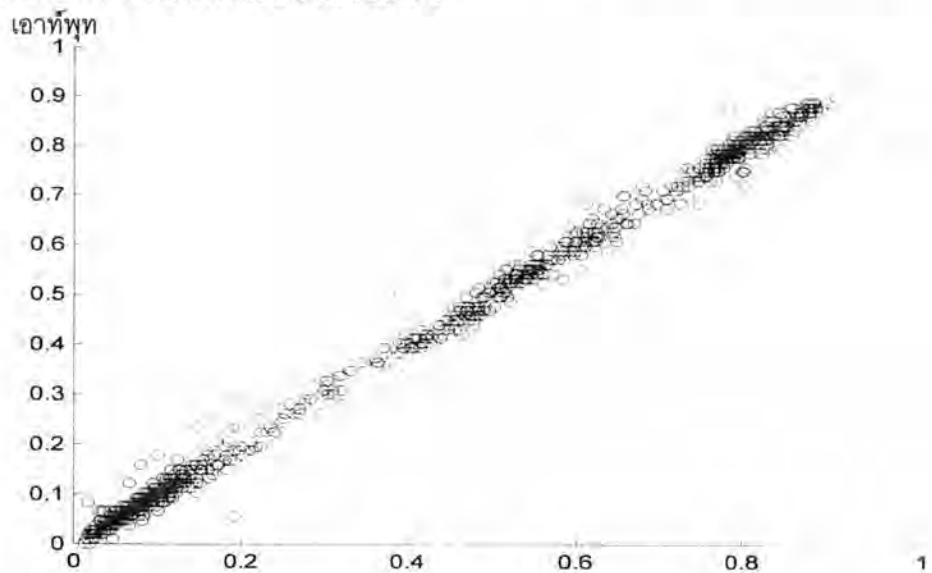


รูปที่ 5.58 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดทดสอบข้างงานในโครงสร้าง 25-5-1 ของการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

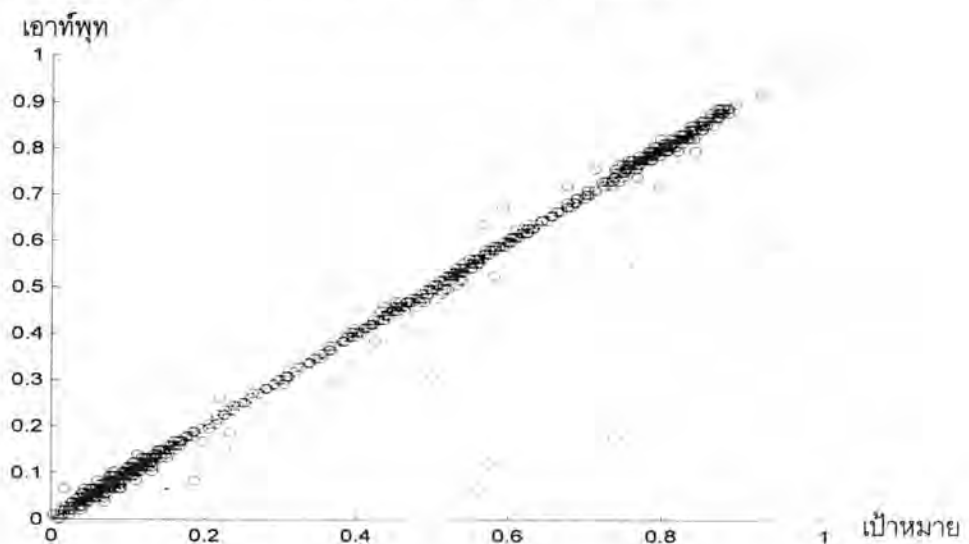


รูปที่ 5.59 ค่าความผิดพลาดรวมกำลังสองของชุดทดสอบข้างงานในโครงสร้าง 25-11-9-1 ของการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

จากกราฟรูปที่ 5.60 ของแบบจำลอง 27-5-1 และ กราฟรูปที่ 5.61 ของแบบจำลอง 25-11-9-1 พบว่าการกระจายตัวของแบบจำลอง 27-7-3-1 น้อยกว่าแบบ 25-5-1 นั่นคือ ค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายของแบบจำลอง 25-11-9-1 มีค่าใกล้เคียงกว่าแบบจำลอง 25-5-1

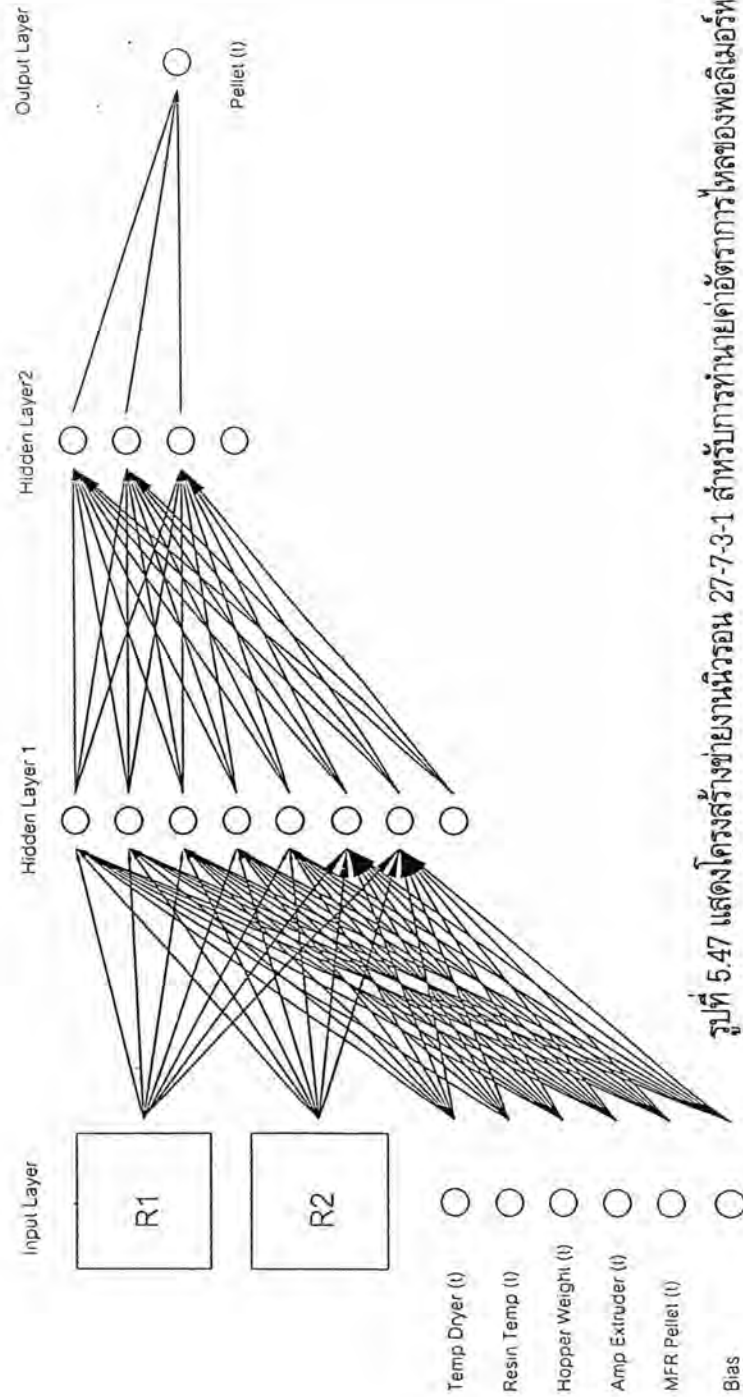


รูปที่ 5.60 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายในสเกล 0-1 ในโครงสร้าง 25-5-1 เป้าหมาย
ของการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด



รูปที่ 5.61 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเอาร์ทพุทกับค่าเป้าหมายในสเกล 0-1 ในโครงสร้าง 25-11-9-1
ของการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

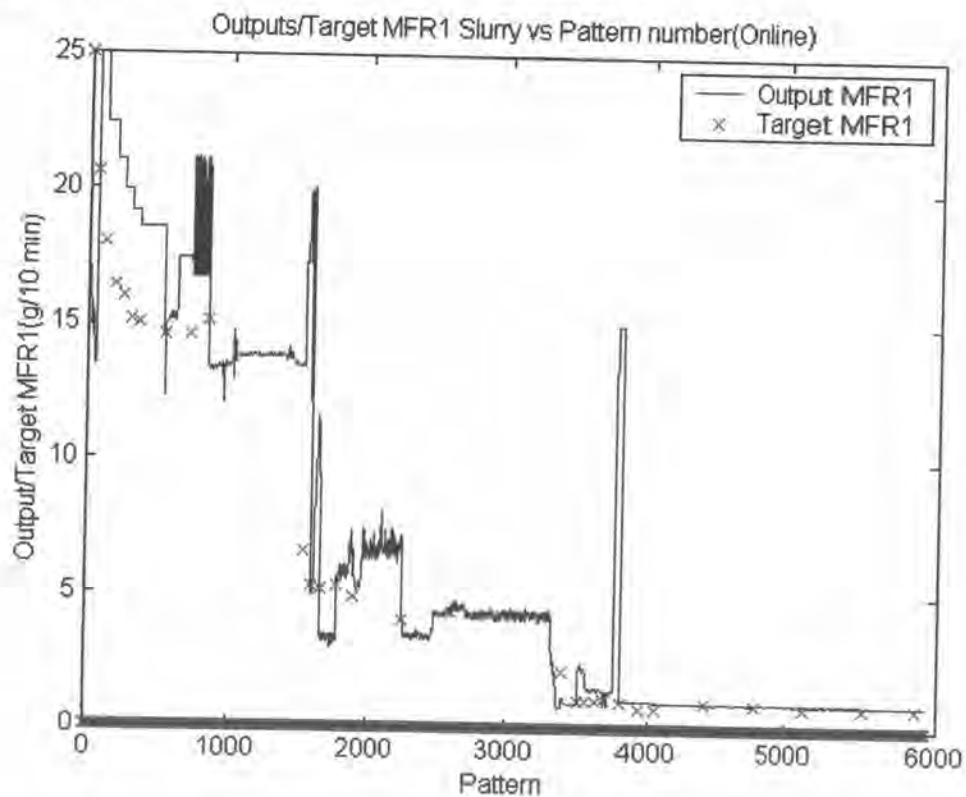
ดังนั้นจากการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด พบว่าโครงสร้าง 25-11-9-1 เหมาะสมสำหรับการไปใช้แบบจำลองในการทำนายผลออนไลน์เนื่องจากมีค่าความผิดพลาดต่ำที่สุดและสามารถทำนายค่าเอาร์ทพุทได้ใกล้เคียงกับเป้าหมายดีกว่าแบบจำลองอื่น



รูปที่ 5.47 แสดงโครงข่ายงานนิวรอน 27-7-3-1 สำหรับการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่หลั่งผ่านเครื่องอัดเม็ด

5.3.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบจำลองของการทำนายค่าแบบออนไลน์ของค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1

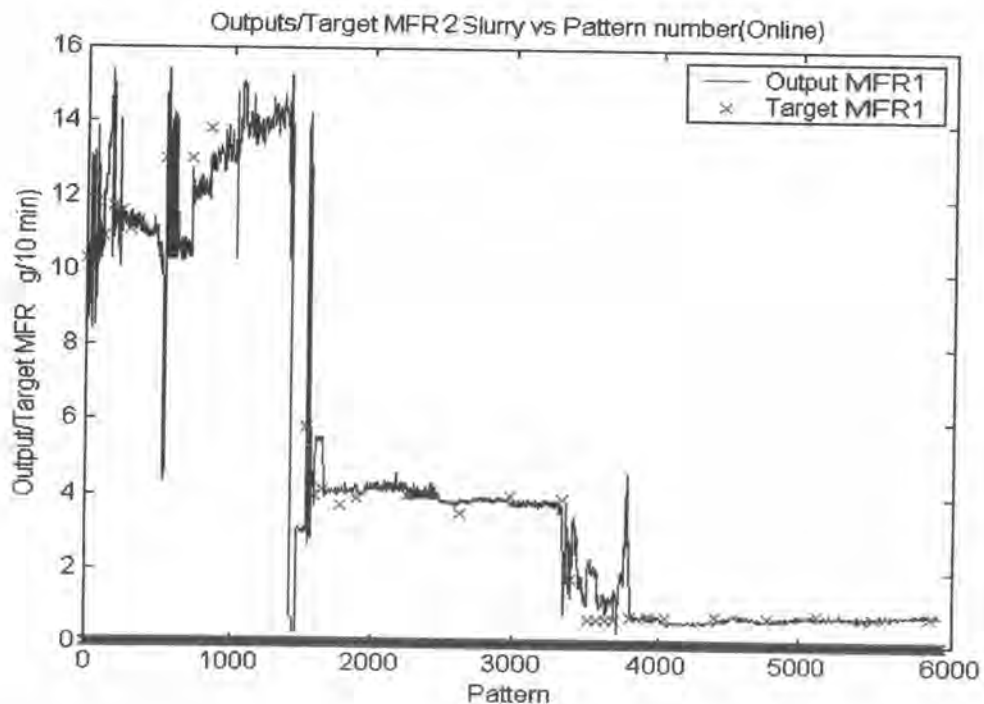
จากกราฟรูปที่ 5.63 จากการนำข้อมูลอินพุทของชุดทดสอบออนไลน์ป้อนเข้าในข่ายงานทำนายอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (โครงสร้าง 11-5-3-1) พบว่าผลการทำนายค่าเอาท์พุทในช่วง 1000 ข้อมูลแรกไม่ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายแต่อยู่ในค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดมากนัก ซึ่งหลังจาก 1000 ข้อมูลแรก ผลการทำนายจะใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมาก ดังนั้นจึงพบว่าโครงสร้างที่ได้เลือกสำหรับการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 สามารถใช้งานจริงในโรงงานได้ แต่จะพบว่ามึบบางข้อมูลที่ทำนายค่าเอาท์พุทแตกต่างจากค่าเป้าหมายมากๆ เช่นในช่วงข้อมูลประมาณ 3900-3950 ซึ่งมีสาเหตุมาจากการส่งผ่านข้อมูลจาก DCS (Distributed Control System) มายังคอมพิวเตอร์มีความผิดพลาดในการบันทึกฐานข้อมูล หรือ ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดในโรงงานในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล โดยเฉพาะค่าของการวัดอัตราการไหลของตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นสารแขวนลอย ทำให้เกิดการอุดตันของท่อในบางช่วง และในระหว่างที่ทำการไล่การอุดตันภายในท่อโดยใช้เฮกเซน ก็จะทำให้ค่าอัตราการไหลสูงขึ้นกว่าปกติ จึงทำให้ค่าเอาท์พุทที่ได้จากการทำนายมีค่าสูงกว่าปกติ หรือเครื่องมือในการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซในเครื่องปฏิกรณ์มีค่าคลาดเคลื่อนในทุกๆ เดือนถึงแม้ว่าจะเดินเครื่องด้วยเกรดเดียวกันก็ตาม



รูปที่ 5.63 การทดสอบแบบจำลองโดยนำมาใช้ทำนายแบบออนไลน์ของค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 (โครงสร้าง 11-5-3-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 100 รอบ)

5.3.6 การวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบจำลองของการทำนายค่าแบบออนไลน์ของค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2

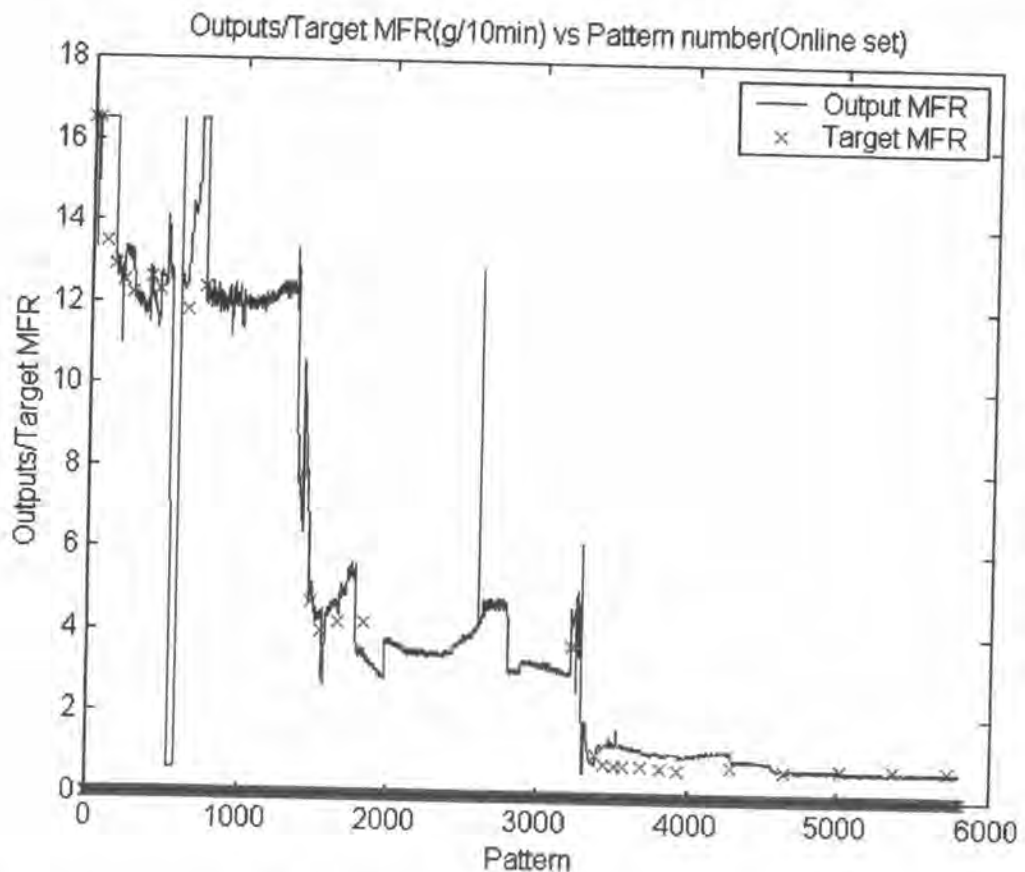
จากกราฟรูปที่ 5.64 จากการนำข้อมูลอินพุทของชุดทดสอบออนไลน์ป้อนเข้าในข่ายงานทำนายอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (โครงสร้าง 11-7-3-1) พบว่าผลการทำนายค่าเอาท์พุทมีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมาก ดังนั้นจึงพบว่าโครงสร้างที่ได้เลือกสำหรับการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 สามารถใช้งานจริงในโรงงานได้ แต่จะพบว่ามีบางข้อมูลที่ค่าการทำนายเอาท์พุทแตกต่างจากค่าเป้าหมายมากๆ เช่นในช่วงข้อมูลประมาณ 700 และ 1600 ซึ่งมีสาเหตุมาจากการส่งผ่านข้อมูลจาก DCS (Distributed Control System) มายังคอมพิวเตอร์มีความผิดพลาดในการบันทึกฐานข้อมูล หรือ ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดในโรงงานในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล โดยเฉพาะค่าของการวัดอัตราการไหลของตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นสารแขวนลอย ทำให้เกิดการอุดตันของท่อในบางช่วง และในระหว่างที่ทำการไล่การอุดตันภายในท่อโดยใช้เฮกเซน ก็จะทำให้ค่าอัตราการไหลสูงขึ้นกว่าปกติ จึงทำให้ค่าเอาท์พุทที่ได้จากการทำนายมีค่าสูงกว่าปกติ หรือเครื่องมือวัดในการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซในเครื่องปฏิกรณ์มีค่าคลาดเคลื่อนในทุกๆ เดือนถึงแม้ว่าจะเดินเครื่องด้วยเกรดเดียวกันก็ตาม



รูปที่ 5.64 การทดสอบแบบจำลองโดยนำมาใช้ทำนายแบบออนไลน์ของค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 (โครงสร้าง 11-7-3-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น ชิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 100 รอบ)

5.3.7 การวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบจำลองของการทำนายค่าแบบออนไลน์ของค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด

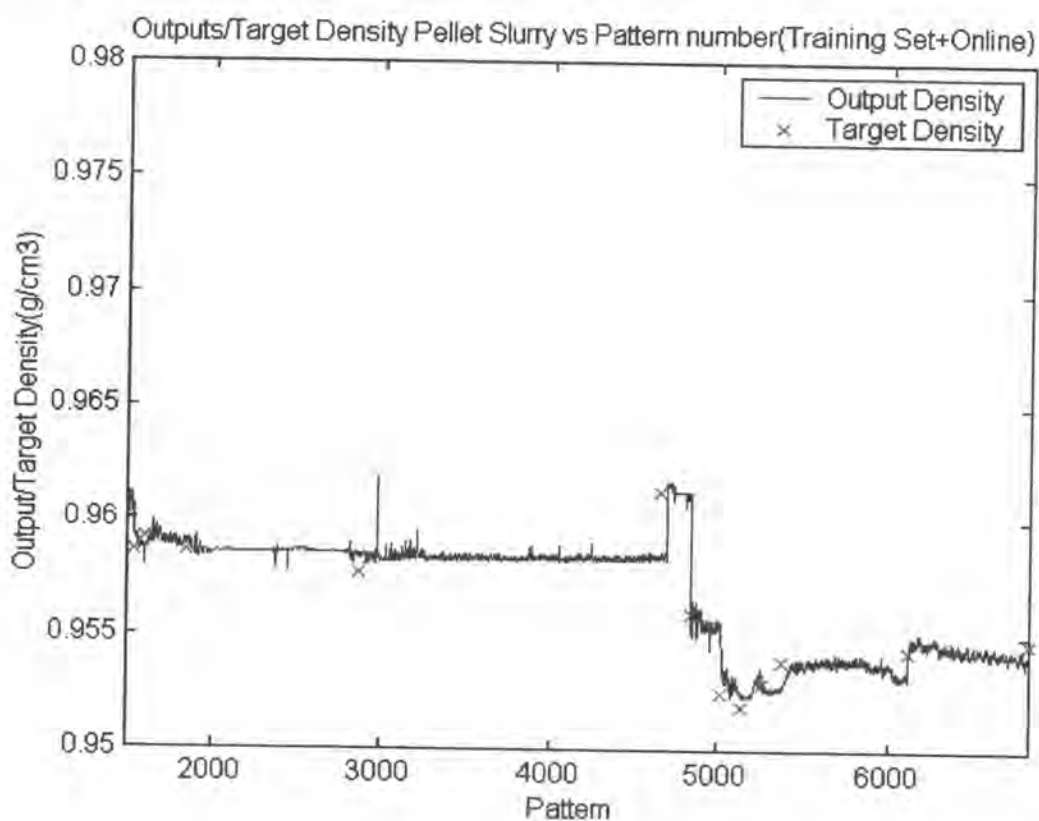
จากกราฟรูปที่ 5.65 จากการนำข้อมูลอินพุทของชุดทดสอบออนไลน์ป้อนเข้าในข่ายงานทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 27-7-3-1) พบว่าผลการทำนายค่าเอาต์พุทมีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมาก ดังนั้นจึงพบว่าโครงสร้างที่ได้เลือกสำหรับการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์ที่หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด สามารถใช้งานจริงในโรงงานได้ แต่จะพบว่ามีบางข้อมูลที่ค่าการทำนายค่าเอาต์พุทแตกต่างจากค่าเป้าหมายมากๆ เช่นในช่วงข้อมูลประมาณ 700 และ 2700 ซึ่งมีสาเหตุมาจากการทำนายค่าเอาต์พุทของข่ายงานการทำนายค่าอัตราการไหลของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1 และ 2 ผิดพลาด เพราะค่าเอาต์พุทจะถูกป้อนเป็นอินพุทของข่ายงานการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด



รูปที่ 5.65 การทดสอบแบบจำลองโดยนำมาใช้ทำนายแบบออนไลน์ของค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 27-7-3-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น: ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 100 รอบ)

5.3.8 การวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบจำลองของการทำนายค่าแบบออนไลน์ของค่าความหนาแน่นหลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด

จากกราฟรูปที่ 5.66 จากการนำข้อมูลอินพุตของชุดทดสอบออนไลน์ป้อนเข้าในข่ายงานทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 25-11-9-1) พบว่าผลการทำนายค่าเอาท์พุทมีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมาก ดังนั้นจึงพบว่าโครงสร้างที่ได้เลือกสำหรับการทำนายค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์ที่เครื่องปฏิกรณ์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด สามารถใช้งานจริงในโรงงานได้



รูปที่ 5.66 การทดสอบแบบจำลองโดยนำมาใช้ทำนายแบบออนไลน์ของค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์หลังจากผ่านเครื่องตัดเม็ด (โครงสร้าง 25-11-9-1 , ฟังก์ชันกระตุ้น ซิกมอยด์ , จำนวนรอบ : 100 รอบ)

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าผลรวมความผิดพลาดยกกำลังสองของการทดสอบแบบออนไลน์ในโรงงานโดยใช้ชุดข้อมูลที่ 3 สำหรับแบบจำลองทั้ง 4

สิ่งที่ต้องการทำนาย	โครงสร้างข่ายงานที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนรอบที่ทำ การปรับค่าน้ำหนัก	ค่าความผิดพลาด SSE	ค่าโมเมนต์ัม
อัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 1	11-5-3-1	100	1.4463	8.5×10^{-6}
อัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2	11-7-3-1	100	7.5617	8.5×10^{-3}
อัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่อง หลังผ่านเครื่องตัดเม็ด	27-7-3-1	100	0.58188	8.5×10^{-6}
ค่าความหนาแน่นหลังผ่านเครื่องตัดเม็ด	25-11-9-1	100	54.1295	8.5×10^{-3}

หมายเหตุ จำนวนรอบที่ทำการปรับค่าน้ำหนักหมายถึงจำนวนรอบในการวนซ้ำเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักใหม่ในการลดความแตกต่างระหว่างค่าเป้าหมายและเอาท์พุท

ดังนั้นจากผลการจำลองจะพบว่าข่ายงานนิวรัลสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์, อัตราการไหลและความหนาแน่นหลังผ่านเครื่องตัดเม็ด ซึ่งขั้นตอนแรกจะต้องสร้างแบบจำลองในการเลียนแบบกระบวนการที่สนใจจนกว่าจะได้ค่าผิดพลาดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ หลังจากนั้นจึงนำไปใช้ในงานจริงได้ ซึ่งแบบจำลองจากโปรแกรมแมทแล็บสามารถแก้ปัญหาการฝึกข่ายงานมากเกินไปทำให้ไม่เกิดการเรียนรู้หรือปัญหาที่ข่ายงานไม่หยุดที่ค่าความผิดพลาดต่ำสุดโดยให้หยุด ณ จุดความผิดพลาดต่ำสุด