บทที่ 4

ผลการทดลอง

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้จากนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับทั้งสามโครงสร้าง โดยนำเสนอผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาค่าโมเมนตัมและจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการปรับค่าน้ำหนัก เพื่อให้ผลการเรียนรู้ได้ผลดี ข้อมูลสอนประกอบด้วยเลข 0-9 ตัวเลขละ 6,000 ตัวอย่าง และข้อมูลทดสอบประกอบด้วยเลข 0-9 ตัวเลขละ 4,000 ตัวอย่าง ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5 0.7 0.9 และ 0.95 และปรับค่าน้ำหนักทีละ 54,000 3,000 และ 600 ตัวอย่าง ค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.001 โดยทดลองกับจำนวนโหนดในชั้นซ่อน 20 โหนด เรียนรู้ครบ 1,000 รอบ การวัดผลจะสนใจที่เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับทั้งสามโครงสร้าง

	ค่าอัตราการเรียนรู้	ค่าโมเมนตัม	ปรับค่าน้ำหนัก (ตัวอย่าง)	นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า	นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1	นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 2	นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 3
1	0.001	0.5	54,000	18.82%	17.53%	13.20%	13.27%
2	0.001	0.7	54,000	21.93%	13.56%	14.31%	15.85%
3	0.001	0.9	54,000	29.29%	32.35%	11.52%	24.65%
4	0.001	0.95	54,000	50.76%	43.09%	34.73%	16.60%
5	0.001	0.5	3,000	60.45%	55.73%	33.00%	23.71%
6	0.001	0.7	3,000	70.75%	65.89%	47.79%	58.56%
7	0.001	0.9	3,000	85.18%	75.67%	50.17%	**78.28%**
8	0.001	0.95	3,000	88.64%	78.23%	51.11%	56.06%

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับทั้งสามโครงสร้าง

	ค่าอัตราการเรียนรู้	ค่าโมเมนตัม	ปรับค่าน้ำหนัก (ตัวอย่าง)	นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า	นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1	นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 2	นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 3
9	0.001	0.5	600	85.35%	76.91%	52.86%	78.17%
10	0.001	0.7	600	87.83%	**78.77%**	25.86%	70.78%
11	0.001	0.9	600	90.36%	78.72%	41.92%	73.95%
12	0.001	0.95	600	**91.66%**	78.03%	**70.29%**	77.90%

จากตารางที่ 4.1 พบว่า เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุด ของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 2 คือ 91.66% และ 70.29% ตามลำดับ เมื่อค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.95 และปรับค่าน้ำหนักทีละ 600 ตัวอย่าง สำหรับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุด คือ 78.77% เมื่อค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.7 และปรับค่าน้ำหนักทีละ 600 ตัวอย่าง และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุดของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 3 คือ 78.28% เมื่อค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.9 และปรับค่าน้ำหนักทีละ 3,000 ตัวอย่าง

เนื่องจากนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 2 ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุด เมื่อค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.95 และปรับค่าน้ำหนักทีละ 600 ตัวอย่าง ส่วนเน็ตเวิร์กอีกสองเน็ตเวิร์ก (นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 และ 3) ที่เหลือ เมื่อค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.95 และปรับค่าน้ำหนักทีละ 600 ตัวอย่าง เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำ ไม่ต่างจากเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุดของทั้งสองเน็ตเวิร์กมากนัก ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.95 ในการทดลองขั้นตอนที่ 1 และ 2 ต่อไป การปรับค่าน้ำหนักจะเรียนรู้ให้ครบ 600 ตัวอย่าง จึงปรับค่าน้ำหนักหนึ่งครั้ง สำหรับการทดลองขั้นตอนที่ 1 และเรียนรู้ให้ครบ 800 ตัวอย่างจึงปรับค่าน้ำหนักหนึ่งครั้ง สำหรับการทดลองขั้นตอนที่ 2 (ทั้งนี้เพราะการปรับค่าน้ำหนักจะพิจารณาโดยใช้อัตราส่วน 90 เท่า เพราะ 54,000/600=90 เท่า ของการทดลองขั้นตอนที่ 1 สำหรับอัตราส่วน 90 เท่าในการทดลองขั้นตอนที่ 2 คือ 800 ตัวอย่าง เพราะ 72,000/90=800 ตัวอย่าง)

4.1.2 ขั้นตอนที่ 1 ทดลองข้อมูลทดสอบกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับทั้งสามโครงสร้าง โดยในชั้นซ่อนจะทดลองที่ 20 40 60 และ 125 โหนด ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 (ส่วนกราฟค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาดของข้อมูลสอนกับเซตตรวจสอบของเน็ตเวิร์กทั้งสี่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับทั้งสามโครงสร้าง ที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 20 40 60 และ 125 โหนด

จำนวนโหนดในชั้นซ่อน / ประเภทของนิวรอลเน็ตเวิร์ก	20 โหนด	40 โหนด	60 โหนด	125 โหนด
นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า	93.03%	94.36%	**94.49%**	94.02%
นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1	78.03%	**83.46%**	83.31%	82.55%
นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 2	70.30%	**72.82%**	49.08%	59.56%
นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 3	**81.87%**	71.83%	70.90%	71.57%

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุด คือ 94.49% เมื่อมีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 60 โหนด และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำของเน็ตเวิร์กทั้งสี่ไม่แตกต่างกันมากนัก

นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุด คือ 83.46% เมื่อมีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำมากกว่าที่ทดลองกับโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 20 60 และ 125 โหนด

นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 2 ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุด คือ 72.82% เมื่อมีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำมากกว่าที่ทดลองกับโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 20 60 และ 125 โหนด

นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 3 ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุด คือ 81.87% เมื่อมีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 20 โหนด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำมากกว่าที่ทดลองกับโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 40 60 และ 125 โหนด

จากการทดลองกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับทั้งหมดสามโครงสร้าง พบว่า นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 เมื่อมีจำนวนโหนดชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุด

ดังนั้นจึงเลือกใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 60 โหนด และนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด ไปทดลองกับข้อมูลโดยใช้การตรวจสอบไขว้ 5 พับต่อไป

4.1.3 ขั้นตอนที่ 2 ทดลองข้อมูลทดสอบกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ทดลองแบบการตรวจสอบไขว้ 5 พับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3 (ส่วนกราฟค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาดของข้อมูลสอนกับเซตตรวจสอบในการทดลองแบบการตรวจสอบไขว้ 5 พับ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง .)

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ทดลองแบบการตรวจสอบไขว้ 5 พับ

การทดสอบครั้งที่ / ประเภทของนิวรอลเน็ตเวิร์ก	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า	97.11%	96.89%	96.28%	95.13%	94.86%	96.05%
นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1	88.02%	80.00%	83.82%	84.63%	81.38%	83.57%

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำเฉลี่ยของการทดสอบทั้งห้าครั้ง เท่ากับ 96.05% โดยการทดสอบครั้งที่ 1 ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงที่สุด เป็น 97.11% และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำต่ำที่สุด เป็น 94.86% ในการทดสอบครั้งที่ 5 โดยการทดสอบครั้งที่ 5 นี้ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำมากกว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 60 โหนดของการทดลองขั้นตอนที่ 1

นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 พบว่า เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำเฉลี่ยของการทดสอบทั้งห้าครั้ง เท่ากับ 83.57% โดยการทดสอบครั้งที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงที่สุด เป็น 88.02% และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำต่ำที่สุด

เป็น 80.00% ในการทดสอบครั้งที่ 2 โดยการทดสอบครั้งที่ 2 นี้ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำน้อยกว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำเฉลี่ยของการทดสอบทั้งห้าครั้ง พบว่าการทดลองแบบการตรวจสอบไขว้ 5 พับ ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำเฉลี่ยมากกว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด

การทดลองขั้นตอนที่ 2 สรุปได้ว่า เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำเฉลี่ยของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 เป็น 96.05% และ 83.57% ตามลำดับ จะเห็นว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า มีความถูกต้องในการรู้จำเฉลี่ยสูงกว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับถึง 12.48%

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลอง ได้แก่ การวิเคราะห์ผลการทดลองของการทดลองในขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการทดลองในขั้นตอนที่ 2 และการวิเคราะห์ผลการทดลองของวิทยานิพนธ์ มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 วิเคราะห์ผลการทดลองของการทดลองในขั้นตอนที่ 1

4.2.1.1 เมื่อทดลองข้อมูลทดสอบกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าทั้งสี่เน็ตเวิร์ก พบว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 60 โหนด มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงที่สุด ผลการทำนายตัวเลข 0-9 ของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 60 โหนด แสดงดังตารางที่ 4.4 (ส่วนผลการทำนายตัวเลข 0-9 ของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อน เท่ากับ 20 40 และ 125 โหนด ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค.)

ตารางที่ 4.4 ผลการทำนายตัวเลข 0-9 ของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า ที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 60 โหนด

ตัวเลขที่ทำนายได้ / ตัวเลขที่แท้จริง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3,943	0	5	31	3	7	3	1	2	5
1	1	3,876	31	10	31	6	13	8	9	15
2	29	47	3,659	25	38	38	15	32	93	24
3	10	12	17	3,716	11	93	5	41	60	35
4	17	31	39	23	3,769	10	6	31	15	59
5	14	5	9	68	15	3,796	32	22	25	14
6	19	12	11	6	15	23	3,887	0	26	1
7	4	18	24	6	26	14	2	3,829	32	45
8	6	14	54	53	50	67	37	49	3,604	66
9	28	17	9	48	67	21	5	38	52	3,715

จากตารางที่ 4.4 พบว่า เลข 0 เป็นตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องมากที่สุด คือ ทำนายถูกต้อง 3,943 ตัวอย่าง จาก 4,000 ตัวอย่าง คิดเป็น 98.58% ตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องน้อยที่สุด คือ เลข 8 ทำนายถูกต้อง 3,604 ตัวอย่าง จาก 4,000 ตัวอย่าง คิดเป็น 90.10%

เรียงลำดับตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องจากมากไปน้อย ได้แก่ เลข 0 6 1 7 5 4 3 9 2 และ 8 ทำนายได้ถูกต้อง 3,943 3,887 3,876 3,829 3,796 3,769 3,716 3,715 3,659 และ 3,604 ตัวอย่าง ตามลำดับ

เลข 8 มักถูกทำนายผิดไปเป็นเลข 2 บ่อยที่สุด ในขณะที่เลข 2 ถูกทำนายผิดไปเป็นเลข 8 บ่อยที่สุด ในทำนองเดียวกันเลข 3 และเลข 5 มักทำนายผิดสลับกัน

4.2.1.2 เมื่อทดลองข้อมูลทดสอบกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับทั้งสามโครงสร้าง พบว่า นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่มีจำนวนโหนดชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงที่สุด ซึ่งผลการทำนายตัวเลข 0-9 ของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่มีจำนวนโหนดชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด แสดงดังตารางที่ 4.5 (ส่วนผลการทำนายตัวเลข 0-9 ของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อน 20 60 และ 125 โหนด และนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 2 และ 3 แสดงไว้ในภาคผนวก ค.)

ตารางที่ 4.5 ผลการทำนายตัวเลข 0-9 ของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่ากับ 40 โหนด

ตัวเลขที่ทำนายได้ / ตัวเลขที่แท้จริง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3,784	0	12	63	7	31	5	11	53	34
1	1	3,468	127	23	18	11	5	71	196	80
2	49	41	3,263	55	24	61	19	64	345	79
3	46	30	42	2,976	7	212	6	131	367	183
4	22	83	98	57	3,063	23	42	77	354	181
5	39	21	27	178	36	3,322	17	63	190	107
6	73	16	49	25	86	151	3,082	6	506	6
7	7	25	18	27	21	43	1	3,582	127	149
8	14	33	84	74	94	58	18	89	3,355	181
9	50	22	14	47	110	25	0	76	169	3,487

จากตารางที่ 4.5 พบว่า เลข 0 เป็นตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องมากที่สุด คือ ทำนายถูกต้อง 3,784 ตัวอย่าง จาก 4,000 ตัวอย่าง คิดเป็น 94.60% ตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องน้อยที่สุด คือ เลข 3 ทำนายถูกต้อง 2,976 ตัวอย่าง จาก 4,000 ตัวอย่าง คิดเป็น 74.40%

เมื่อเรียงลำดับตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องจากมากไปน้อย ได้แก่ เลข 0 7 9 1 8 5 2 6 4 และ 3 ทำนายถูกต้อง 3,784 3,582 3,487 3,468 3,355 3,322 3,263 3,082 3,063 และ 2,976 ตัวอย่าง ตามลำดับ

เลข 3 มักถูกทำนายผิดไปเป็นเลข 5 บ่อยที่สุด ในขณะที่เลข 5 ถูกทำนายผิดไปเป็นเลข 3 บ่อยที่สุด

4.2.2 วิเคราะห์ผลการทดลองของการทดลองในขั้นตอนที่ 2

4.2.2.1 เมื่อทดลองข้อมูลทดสอบกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าที่ทดลองแบบการตรวจสอบไขว้ 5 พับ ผลการทำนายตัวเลข 0-9 ในการทดสอบทั้งห้าครั้งแสดงดังตารางที่ 4.6 (ส่วนผลการทำนายตัวเลข 0-9 ในการทดสอบแต่ละครั้งของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ.)

ตารางที่ 4.6 ผลการทำนายตัวเลข 0-9 ในการทดสอบทั้งห้าครั้งของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าที่ทดลองแบบการตรวจสอบไขว้ 5 พับ

ตัวเลขที่ทำนายได้ / ตัวเลขที่แท้จริง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	9,851	3	21	43	10	12	30	4	11	15
1	5	9,818	52	20	34	2	11	30	13	15
2	18	46	9,574	31	36	28	37	38	156	36
3	47	22	36	9,428	22	168	7	51	146	73
4	27	47	70	25	9,594	13	33	45	36	110
5	32	7	17	140	25	9,607	76	21	60	15
6	39	12	15	10	28	51	9,776	2	67	0
7	7	38	34	12	42	27	5	9,695	43	97
8	15	23	139	114	72	81	84	84	9,278	110
9	74	42	19	120	109	42	2	61	101	9,430

จากตารางที่ 4.6 พบว่า เลข 0 เป็นตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องมากที่สุด คือ ทำนายถูกต้อง 9,851 ตัวอย่าง จาก 10,000 ตัวอย่าง คิดเป็น 98.51% ตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องน้อยที่สุด คือ เลข 8 ทำนายถูกต้อง 9,278 ตัวอย่าง จาก 10,000 ตัวอย่าง คิดเป็น 92.78%

เมื่อเรียงลำดับตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ เลข 0 1 6 7 5 4 2 9 3 และ 8 ทำนายถูกต้อง 9,851 9,818 9,776 9,695 9,607 9,594 9,574 9,430 9,428 และ 9,278 ตัวอย่าง ตามลำดับ

เลข 8 มักถูกทำนายผิดไปเป็นเลข 2 บ่อยที่สุด ในขณะที่เลข 2 ถูกทำนายผิดไปเป็นเลข 8 บ่อยที่สุด ในทำนองเดียวกันเลข 3 และเลข 5 มักทำนายผิดสลับกัน

4.2.2.2 เมื่อทดลองข้อมูลทดสอบกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่ทดลองแบบการตรวจสอบไขว้ 5 พับ ผลการทำนายตัวเลข 0-9 ในการทดสอบทั้งห้าครั้งแสดงดังตารางที่ 4.7 (ส่วนผลการทำนายตัวเลข 0-9 ในการทดสอบแต่ละครั้งของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ.)

ตารางที่ 4.7 ผลการทำนายตัวเลข 0-9 ในการทดสอบทั้งห้าครั้งของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ที่ทดลองแบบการตรวจสอบไขว้ 5 พับ

ตัวเลขที่ทำนายได้ / ตัวเลขที่แท้จริง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	9,406	5	39	69	62	92	115	37	69	106
1	9	8,541	163	80	379	50	22	213	436	107
2	103	136	8,169	88	118	105	120	170	863	128
3	249	137	124	7,355	106	798	46	234	655	296
4	66	182	125	69	8,341	60	180	117	594	266
5	193	62	71	457	160	8,235	214	107	374	127
6	204	28	31	42	200	316	8,557	7	593	22
7	58	105	53	106	283	168	7	8,500	319	401
8	42	83	165	208	330	234	178	220	8,225	315
9	134	65	34	223	415	114	9	219	547	8,240

จากตารางที่ 4.7 พบว่า เลข 0 เป็นตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องมากที่สุด คือ ทำนายถูกต้อง 9,406 ตัวอย่าง จาก 10,000 ตัวอย่าง คิดเป็น 94.06% ส่วนตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องน้อยที่สุด คือ เลข 3 ทำนายถูกต้อง 7,355 ตัวอย่าง จาก 10,000 ตัวอย่าง คิดเป็น 73.55%

เมื่อเรียงลำดับตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องจากมากไปน้อย ได้แก่ เลข 0 6 1 7 4 9 5 8 2 และ 3 ทำนายถูกต้อง 9,406 8,557 8,541 8,500 8,341 8,240 8,235 8,225 8,169 และ 7,355 ตัวอย่าง ตามลำดับ

เลข 8 มักถูกทำนายผิดไปเป็นเลข 2 บ่อยที่สุด ในขณะที่เลข 2 ถูกทำนายผิดไปเป็นเลข 8 บ่อยที่สุด ในทำนองเดียวกันเลข 3 และเลข 5 มักทำนายผิดสลับกัน

4.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลองของวิทยานิพนธ์

จากการทดลองพบว่า จำนวนโหนดในชั้นซ่อนและความถี่ในการปรับค่าน้ำหนักมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำ นั่นคือในตอนแรกเมื่อจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำก็เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มจำนวนโหนดมาถึงจุดหนึ่ง เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำจะลดลง ขณะที่ความถี่ในการปรับค่าน้ำหนัก ถ้าปรับบ่อยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำจะเพิ่มขึ้น ส่วนผลการทำนายตัวเลข พบว่า ตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องมากที่สุด คือ เลข 0 และตัวเลขที่ทำนายได้ถูกต้องน้อยที่สุด สำหรับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า คือ เลข 8 ถ้าเป็นนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับ คือ เลข 3 และความสัมพันธ์ในด้านที่มักทำนายผิดสลับกัน คือ เลข 2 กับ เลข 8 และเลข 3 กับ เลข 5 ในด้านเปอร์เซ็นต์

ความถูกต้องในการรู้จำ นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงสุดเมื่อเทียบกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับทั้งสามโครงสร้าง และนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงกว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับ

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองในการรู้จำตัวเลขอารบิกเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Cun และคณะงานวิจัยของ Grother และงานวิจัยของ Lee และ Kim มีรายละเอียดดังนี้

วิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Cun และคณะ [3]

งานวิจัยของ Cun และคณะซึ่งทดลองกับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า พบว่า สำหรับข้อมูลตัวพิมพ์และลายมือเขียนตัวเลขอารบิก ให้อัตราความผิดพลาด (Error Rate) 1.00% การไม่รู้จำ (Reject) 5.70% และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำ 93.30% เมื่อทดลองเฉพาะกับลายมือเขียน พบว่า ให้อัตราความผิดพลาด 1.00% การไม่รู้จำ 9.00% และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำ 90.00% จะเห็นว่าเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ประกอบด้วยตัวพิมพ์และลายมือเขียนให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงกว่าเมื่อทดสอบกับข้อมูลลายมือเขียนเพียงอย่างเดียว ขณะที่ในวิทยานิพนธ์นี้ทดลองเฉพาะกับตัวเลขลายมือเขียนและทำการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทระหว่างนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้าและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับ

วิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Grother [4]

งานวิจัยของ Grother พบว่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำแปรผันตามมิติของข้อมูลสอนและจำนวนตัวอย่างสอน เมื่อทดลองกับจำนวนโหนดในชั้นซ่อน 48 โหนด มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงกว่าเมื่อทดลองกับจำนวนโหนดในชั้นซ่อน 32 โหนด ขณะที่ในวิทยานิพนธ์นี้ พบว่า เมื่อทดลองกับจำนวนโหนดในชั้นซ่อนมากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำก็มากขึ้น และเมื่อเพิ่มจำนวนโหนดมาถึงจุดหนึ่งเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำจะลดลง นอกจากนั้นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำยังขึ้นอยู่กับความถี่ในการปรับค่าน้ำหนัก นั่นคือ ถ้าปรับบ่อยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำจะสูง

วิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบกับงานของ Lee และ Kim [9]

จากงานวิจัยของ Lee และ Kim พบว่า นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงกว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า ขณะที่วิทยานิพนธ์นี้ให้ผลในทางตรงข้ามกัน คือ นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้ามีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำสูงกว่านิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับ เมื่อพิจารณาเฉพาะนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับ เรียงลำดับเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องจากมากไปน้อย ในงานของ Lee และ Kim ได้แก่ นิวรอลเน็ตเวิร์ก

แบบวกกลับของ Lee และ Kim จอร์แดนและเอลแมน ขณะที่ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้แก่ นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับโครงสร้างที่ 1 โครงสร้างที่ 3 (จอร์แดน) และโครงสร้างที่ 2 (เอลแมน) เมื่อพิจารณาในด้านค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาด ในงานของ Lee และ Kim พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาดจะแปรผันตามเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำ ดังนั้นเมื่อเรียงลำดับค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาดจากมากไปน้อย ได้แก่ นิวรอลเน็ตเวิร์กแบบวกกลับของ Lee และ Kim จอร์แดน เอลแมนและนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบป้อนไปข้างหน้า