

ผลและวิเคราะห์

1. ผลการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสม กระบวนการผลิตและขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว

1.1 ผลการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในส่วนของการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 การหดตัวของการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิต

sulphur (phr)	carbon Black (phr)	mould temperature (°C)	shrinkage (%)			
			rep. 1	rep. 2	rep. 3	average
0.5	5	140	2.91808	2.93359	2.83319	2.89495
0.5	5	160	3.58196	3.25849	3.59834	3.47959
0.5	50	140	2.45946	2.62985	2.75092	2.61341
0.5	50	160	3.34131	3.09841	3.28791	3.24254
2.5	5	140	3.14509	2.74786	3.22922	3.04072
2.5	5	160	3.42140	3.41074	4.43096	3.75437
2.5	50	140	2.77390	2.74269	2.97602	2.83087
2.5	50	160	3.45332	3.31471	3.43658	3.40154

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยแต่ละตัวแปรมี 2 ระดับ (2^k factorial design) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเพื่อหาตัวแปรที่มีผลต่อการหดตัว

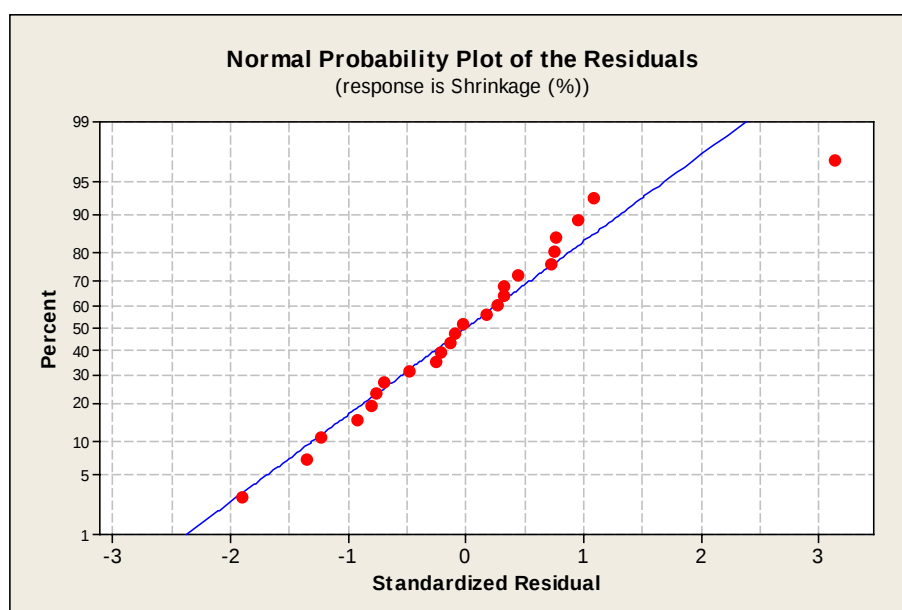
sources	DF	seq SS	adj SS	adj MS	F	P
blocks	2	0.36705	0.36705	0.18353	3.950	0.044
sulphur	1	0.23820	0.23820	0.23820	5.130	0.040
carbon black	1	0.43844	0.43844	0.43844	9.440	0.008
mould temperature	1	2.34016	2.34016	2.34016	50.390	0.000
sulphur*carbon black	1	0.00073	0.00073	0.00073	0.020	0.902
sulphur*mould temperature	1	0.00187	0.00187	0.00187	0.040	0.844
carbon black*mould temperature	1	0.00364	0.00364	0.00364	0.080	0.784
sulphur*carbon black* mould temperature	1	0.01318	0.01318	0.01318	0.280	0.603
error	14	0.65018	0.65018	0.04644		
total	23	4.05344				

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า ปริมาณเขม่าดำ ปริมาณกำมะถันและอุณหภูมิและเวลาคงรูป มีค่าน้อยกว่า 0.05 นั้นแสดงว่าตัวแปรทั้ง 3 ตัว มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ต่อการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยางโอริง

2) การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (model adequacy checking)

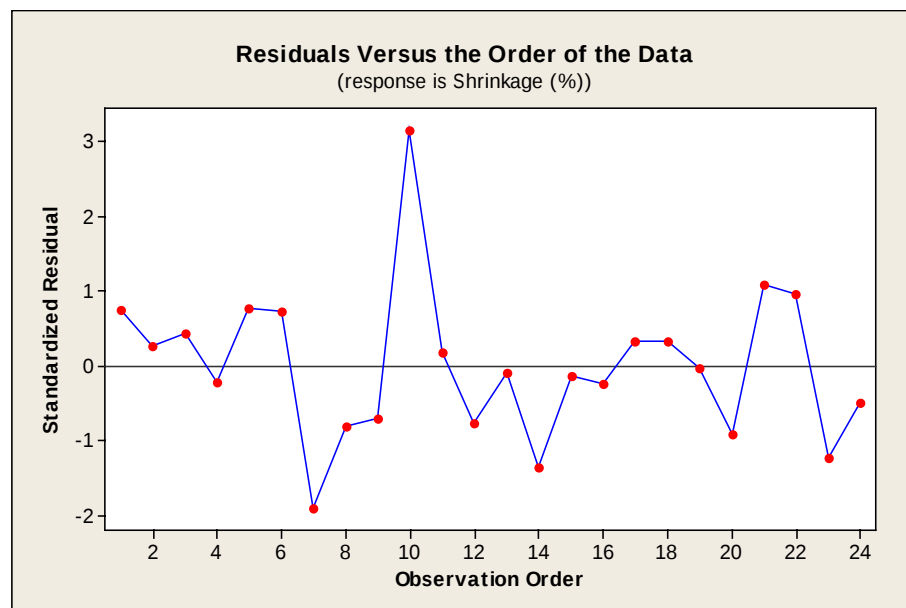
การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ เป็นวิธีการตรวจสอบที่ทำให้ทราบว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความน่าเชื่อถือเป็นไปตามหลักการทางสถิติ โดยการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบมีอยู่ 3 ประเภท คือ

2.1) การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล ถึงลักษณะการแจกแจงแบบปกติ โดยการใช้ค่าส่วนตกค้าง ที่ถูกเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก กับค่าความน่าจะเป็นสะสม $P_k = (k-1/2)/n$ โดย $P_k \times 100$ อยู่บนแกนตั้ง ส่วนแกนนอนจะเป็นค่าส่วนตกค้าง จากภาพที่ 50 เมื่อพิจารณาค่ามัชฌิมของรูปพบว่า มีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงว่า มีการกระจายแบบปกติ และข้อมูลนี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน



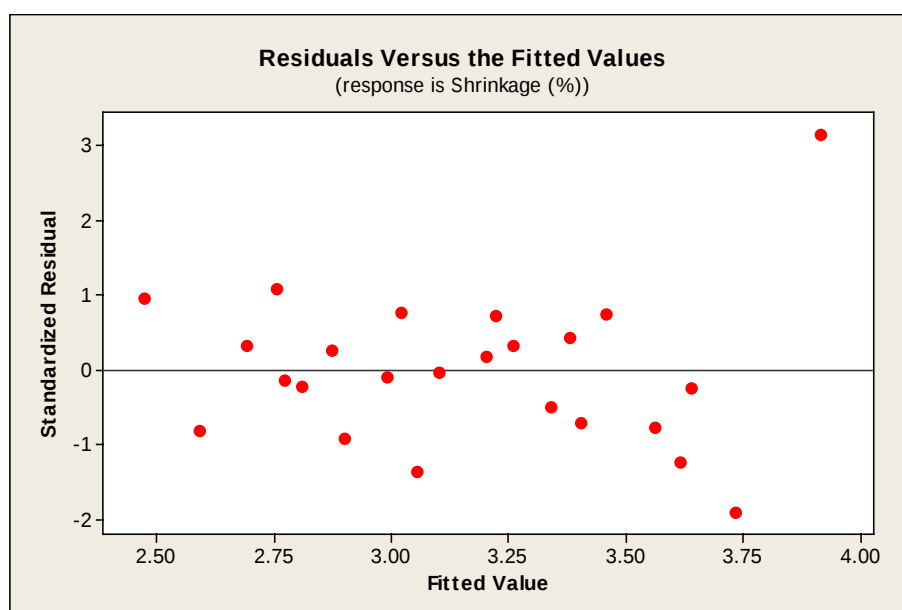
ภาพที่ 50 normal probability plot ในส่วนของการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสม และกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว

2.2) การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เป็นการทดสอบถึงความสัมพันธ์ของส่วนตกค้าง โดยการใช้ค่าส่วนตกค้าง และลำดับเวลาของการเก็บข้อมูลมาทำการพล็อตกราฟระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับเวลาการเก็บข้อมูล ซึ่งค่าส่วนตกค้างอยู่บนแกนตั้ง และลำดับเวลาของการเก็บข้อมูลอยู่บนแกนนอน เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 51 พบว่า จากลักษณะการกระจายที่ปลายทั้งสองข้าง ความแปรปรวนของความผิดพลาดไม่ได้เปลี่ยนไปตามเวลาทำการทดลอง สรุปได้ว่าสมมติฐานความเป็นอิสระยังไม่ได้ถูกละเมิด สามารถนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ได้



ภาพที่ 51 ค่าส่วนตกค้างกับลำดับเวลาของการเก็บข้อมูลในส่วนของการทดลอง เพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว

2.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน เป็นการทดสอบความสม่ำเสมอของการกระจายของข้อมูล โดยใช้ข้อมูลค่าส่วนตกค้าง และค่าที่ถูกฟิต ในที่นี้คือค่าการหดตัวที่ถูกทำนาย มาพล็อตกราฟระหว่างค่าส่วนตกค้าง กับค่าที่ถูกฟิต ซึ่งค่าส่วนตกค้างอยู่แกนนตั้ง และค่าที่ถูกฟิตอยู่บนแกนนอน ดังแสดงในภาพที่ 52 ซึ่งพบว่า มีการกระจายอยู่ทั่วไป ไม่มีรูปแบบหรือโครงสร้างใด ๆ เกิดขึ้น แสดงว่าข้อมูลสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้



ภาพที่ 52 ค่าส่วนตกค้างกับค่าการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยางโอริงที่ถูกทำนายเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 50 51 และ 52 พบว่าข้อมูลการทดลองเพื่อหาตัวแปรที่มีผลต่อการหดตัว มีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และมีความสม่ำเสมอของความแปรปรวน สรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์เชื่อถือได้ กล่าวคือ ปริมาณเขม่าดำ ปริมาณกำมะถัน และอุณหภูมิแม่พิมพ์และเวลาการอัด มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยางโอริงที่ผ่านการอัดขึ้นรูป

1.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษานาแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในส่วนของการทดลองเพื่อศึกษานาแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 34

ตารางที่ 34 การหดตัวของการทดลองเพื่อศึกษานาแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว

inside diameter (cm)	cross section diameter (cm)	shrinkage (%)			
		rep. 1	rep. 2	rep. 3	average
5	2	4.29758	4.57046	4.42597	4.43134
5	8	3.77568	5.66934	3.45412	4.29971
45	2	3.14025	3.35544	3.45427	3.31665
45	8	2.68284	2.29694	2.40579	2.46186

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อศึกษานาแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อศึกษานาแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยแต่ละตัวแปร มี 2 ระดับ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อศึกษานาแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว

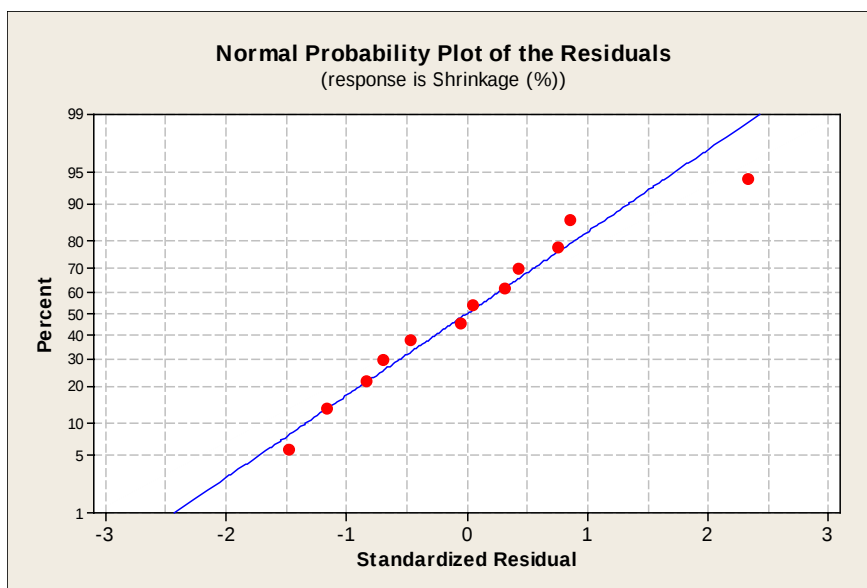
source	DF	seq SS	adj SS	adj MS	F	P
blocks	2	0.7199	0.7199	0.3600	0.930	0.444
inside diameter	1	6.5381	6.5381	6.5381	16.960	0.006
cross section diameter	1	0.7298	0.7298	0.7298	1.890	0.218
inside diameter* cross section diameter						
diameter	1	0.3922	0.3922	0.3922	1.020	0.352
error	6	2.3136	2.3136	0.3856		
total	11	10.6936				

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าเป็นตัวแปรที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการหดตัว ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางก้นตัด มีค่า P-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าเป็นตัวแปรที่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยางโอริงที่ผ่านการอัดขึ้นรูป

2) การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (model adequacy checking)

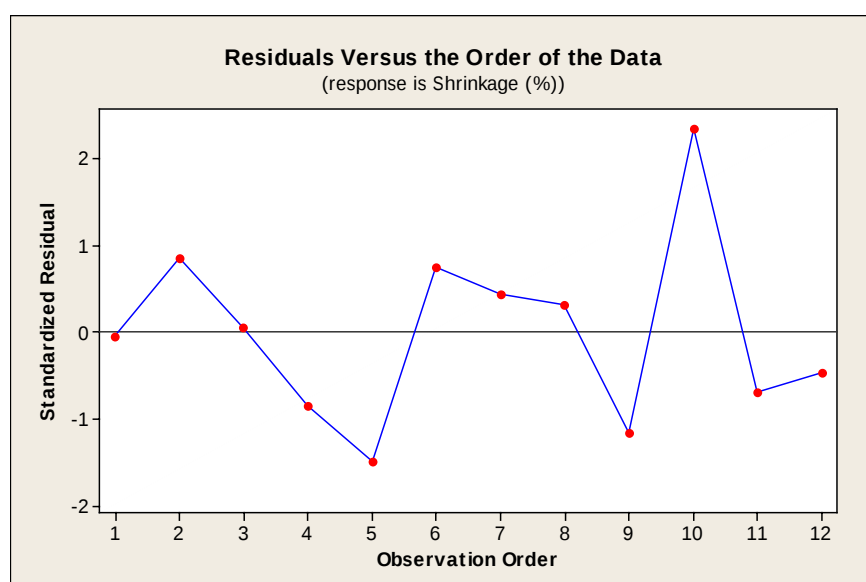
การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ เป็นวิธีการตรวจสอบที่ทำให้ทราบว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความน่าเชื่อถือเป็นไปตามหลักการทางสถิติ โดยการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบมีอยู่ 3 ประเภท คือ

2.1) การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ จากภาพที่ 53 เมื่อพิจารณาค่ามัธยิมของรูปพบว่า มีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงว่ามีการกระจายแบบปกติ และข้อมูลนี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน



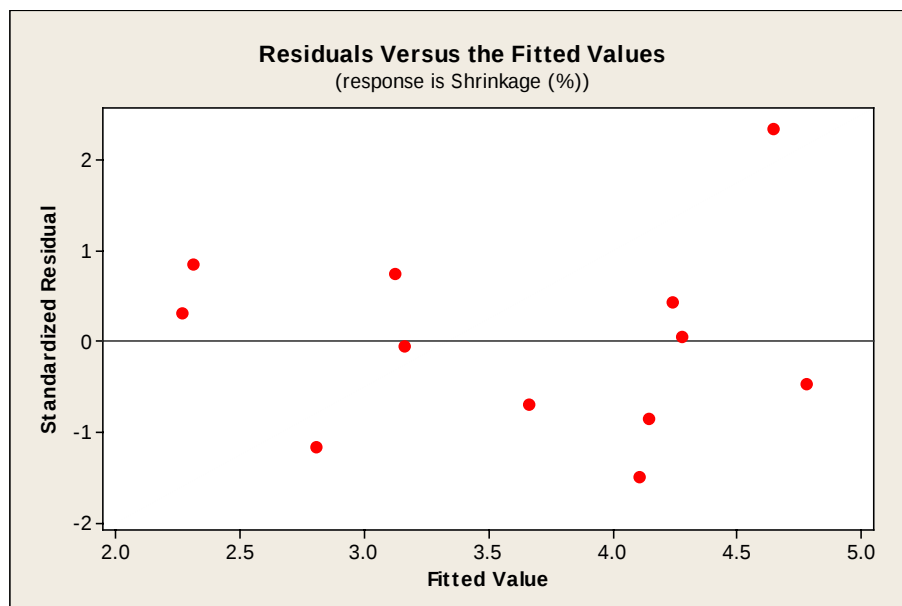
ภาพที่ 53 normal probability plot ในส่วนของการทดลองเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว

2.2) การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 54 พบว่า การกระจายที่ปลายทั้งสองข้าง ความแปรปรวนของความผิดพลาดไม่ได้เปลี่ยนไปตามเวลาทำการทดลอง สรุปได้ว่าสมมติฐานความเป็นอิสระยังไม่ได้ถูกละเมิด สามารถนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ได้



ภาพที่ 54 ค่าส่วนตกค้างกับลำดับเวลาของการเก็บข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว

2.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน ดังแสดงในภาพที่ 55



ภาพที่ 55 ค่าส่วนตกค้างกับค่าการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยางโอริงที่ถูกทำนายเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 53 54 และ 55 พบว่าข้อมูลการทดลองเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว มีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และมีความสม่ำเสมอของความแปรปรวนสรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์เชื่อถือได้ กล่าวคือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการหดตัว แต่เส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยางโอริงที่ผ่านการอัดขึ้นรูป (ที่ $\alpha = 0.05$)

2. ผลการทดลองเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ตัวแปรนำออกในการทำนายการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด

2.1 ผลการทดลองที่ 1

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด ดังแสดงในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 1

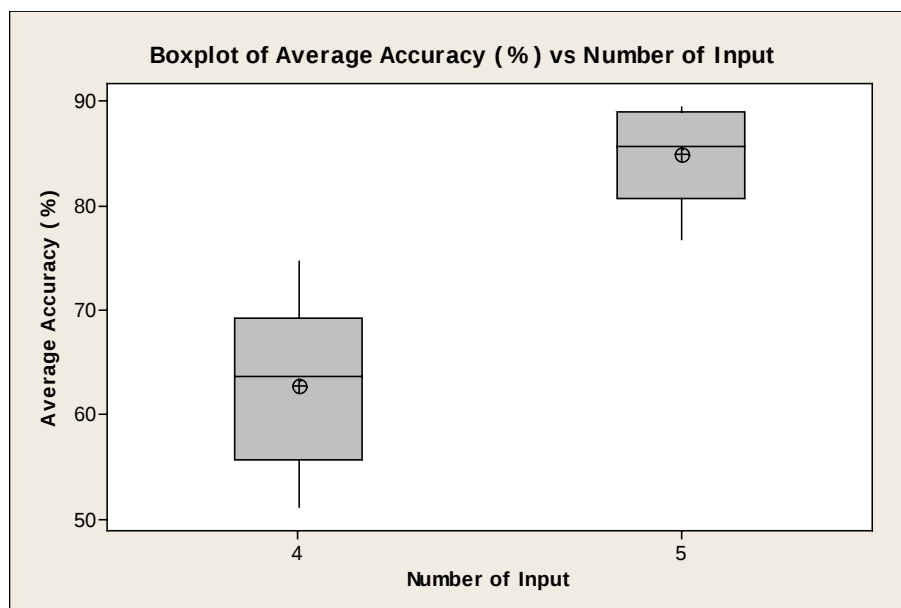
number of input	accuracy (%)		
	inside diameter	cross section diameter	average
4	69.7837	55.6378	62.7108
5	86.2450	83.6913	84.9682

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปร 2 ระดับ คือ จำนวนตัวแปรนำเข้า 4 และ 5 ตัว โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย (average accuracy, %)

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง (box plot)

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในชั้นเบื้องต้น จะวิเคราะห์ผลโดยใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 56



ภาพที่ 56 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 1

จากภาพที่ 56 พบว่าจำนวนนิวรอนในชั้นอินพุตเมื่อเพิ่มจากจำนวน 4 เป็น 5 ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำสูงขึ้น

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสม เพื่อให้ยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 1

source	DF	SS	MS	F	P
number of input	1	1238.5	1238.5	25.61	0.001
error	8	386.9	48.4		
total	9	1625.4			

การผันแปรจำนวนตัวแปรนำเข้า 4 และ 5 ตัวแปร จากตารางที่ 37 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรนี้ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อ ประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยาง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้จำนวนตัวแปรนำเข้าเท่ากับ 5 ตัวแปร ที่ให้ประสิทธิภาพเครือข่ายดีที่สุด ซึ่งได้แก่ ปริมาณกำมะถัน ปริมาณเขม่าดำ อุณหภูมิแม่พิมพ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด

2.2 ผลการทดลองที่ 2

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมที่ใช้ในการฝึกหัด เครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายในและการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด โดยนำจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมจาก ผลการทดลองที่ 1 จากนั้นทำการเปรียบเทียบการปรับข้อมูลให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 กับการไม่ปรับ ข้อมูล ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 2

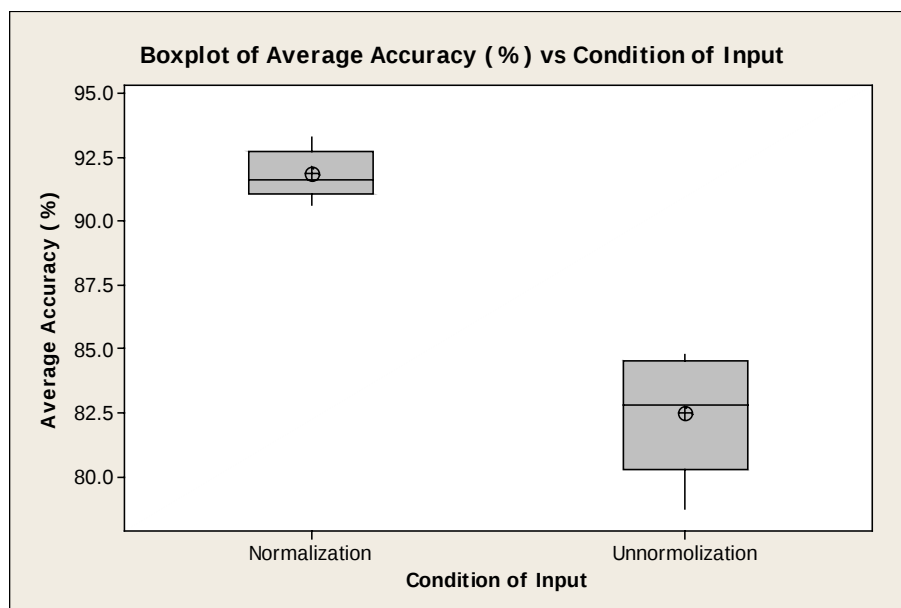
condition of input data	accuracy (%)		
	inside diameter	cross section diameter	average
unnormolization	82.2362	82.6868	82.4616
normalization	92.0550	91.6939	91.8745

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสม ที่ใช้ในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก ใช้วิธีวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปร 2 ระดับ คือ ทำการเปรียบเทียบการปรับข้อมูล กับการไม่ปรับข้อมูล โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมในขั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 57



ภาพที่ 57 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 2

จากภาพที่ 57 พบว่า วิธีกำหนดวิธีการปรับข้อมูล ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำมากกว่าการไม่ปรับข้อมูล

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสม และเพื่อเป็นการยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 2

source	DF	SS	MS	F	P
condition of input data	1	221.51	221.51	65.580	0.000
error	8	27.02	3.380		
total	9	248.53			

จากผลการเปรียบเทียบการปรับข้อมูล กับการไม่ปรับข้อมูลจากตารางที่ 39 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ตัวแปรนี้ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยาง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการปรับข้อมูล ให้อยู่ในช่วง 0-ถึง 1 ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

2.3 ผลการทดลองที่ 3

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ และจำนวนรอบที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด โดยใช้วิธีการจัดการข้อมูลจากการทดลองที่ 2 ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 3

learning rate	epoch	accuracy (%)		
		inside diameter	cross section diameter	average
0.01	1,000	92.2976	90.5956	91.4466
	3,000	92.9656	90.9547	91.9602
	5,000	93.3551	91.2617	92.3084
0.05	1,000	92.8610	89.7357	91.2984
	3,000	92.1667	91.5083	91.8375
	5,000	92.5490	91.1525	91.8508

ตารางที่ 40 (ต่อ)

learning rate	epoch	accuracy (%)		
		Inside diameter	cross section diameter	average
0.09	1,000	92.3618	89.9873	91.1745
	3,000	92.6867	91.0486	91.8677
	5,000	92.2366	90.6630	91.4498

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ และจำนวนรอบ ที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก โดยใช้วิธีการจัดการข้อมูลจากการทดลองที่ 2 และใช้ตัวแปรหลักทั้งหมด 2 ตัวแปร และมีระดับของตัวแปร 3 ระดับ ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ และจำนวนรอบ จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 3

source	DF	seq SS	adj SS	adj MS	F	P
learning rate	2	1.262	1.262	0.631	0.57	0.571
epoch	2	3.281	3.281	1.64	1.48	0.241
learning rate*epoch	4	0.81	0.81	0.202	0.18	0.946
error	36	39.86	39.86	1.107		
total	44	45.212				

ผลการผันแปรอัตราการเรียนรู้และจำนวนรอบ จากตารางที่ 41 เมื่อพิจารณา ค่า P-Value พบว่า มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองให้ผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์อย่างไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสามารถเลือกค่าใดค่าหนึ่งมาใช้ในการฝึกหัดได้ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ ค่าอัตราการเรียนรู้ เท่ากับ 0.01 และทำการฝึกหัดเครือข่าย 1000 รอบ

2.4 ผลการทดลองที่ 4

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่ 1 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด โดยใช้ชั่งน้ำหนักประกอบภายในที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3 และนำจำนวนตัวแปรนำเข้าและจำนวนตัวแปรนำออกมากำหนดจำนวนนิวรอนน้อยที่สุดและมากที่สุด โดยใช้สมการที่ 42 และ 43 ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมของการทดลองที่ 4

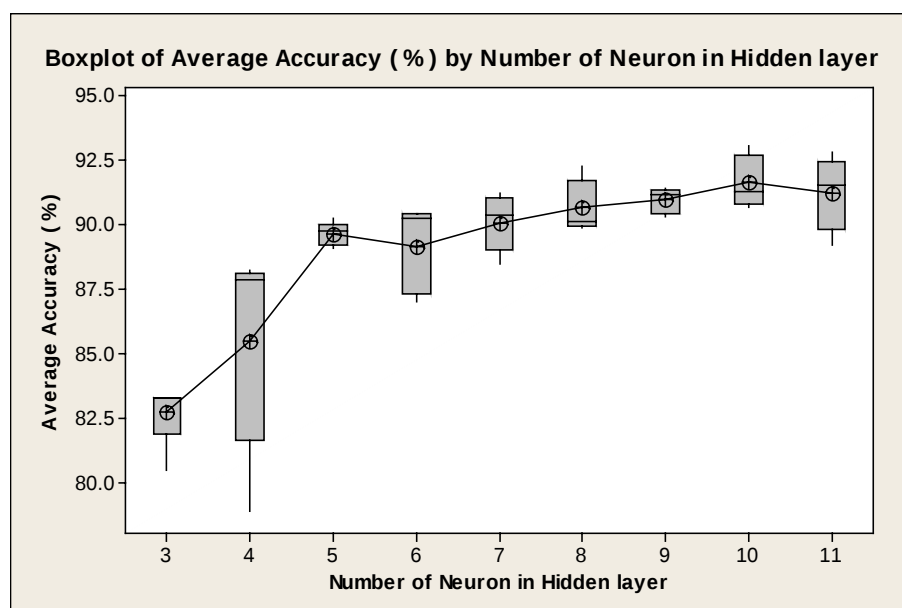
number of neuron in hidden layer	accuracy (%)		
	inside diameter	cross section diameter	average
3	85.9272	79.4664	82.6968
4	86.5603	84.3927	85.4765
5	92.0024	87.3171	89.6597
6	89.9175	88.3574	89.1374
7	91.4545	88.7541	90.1043
8	91.5300	89.8789	90.7044
9	91.8225	90.1449	90.9837
10	93.0096	90.3300	91.6698
11	92.1205	90.3277	91.2241

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่ 1 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก โดยใช้องค์ประกอบภายในที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยแผนภาพแบบกล่อง วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปรมี 9 ระดับ และวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยที่สุดโดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่าย ประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมในชั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 58



ภาพที่ 58 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 4

จากภาพที่ 58 เมื่อพิจารณาจากความชันของกราฟ (slope) พบว่า จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เพิ่มขึ้น อัตราการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยจะมีค่ามากในช่วงที่มีจำนวนนิวรอนเท่ากับ 3 และ 4 และมีความแม่นยำใกล้เคียงกันเมื่อจำนวนนิวรอนตั้งแต่ 5 ถึง 11 นิวรอน และเพื่อเป็นการยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 43

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสม จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 43

ตารางที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 4

source	DF	SS	MS	F	P
number of neuron in hidden layer	8	363.43	45.43	15.46	0.000
error	36	105.77	2.94		
total	44	469.21			

ผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสม จากตารางที่ 43 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของเครือข่ายที่มีจำนวนนิวรอนแตกต่างกัน ให้ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อยที่สุดหนึ่งคู่ เพื่อให้สามารถระบุจำนวนนิวรอนที่เหมาะสมจะใช้วิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุด

3) วิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุด

ในการพิจารณาเลือกโครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียมที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ วิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุด ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 44

ตารางที่ 45 (ต่อ)

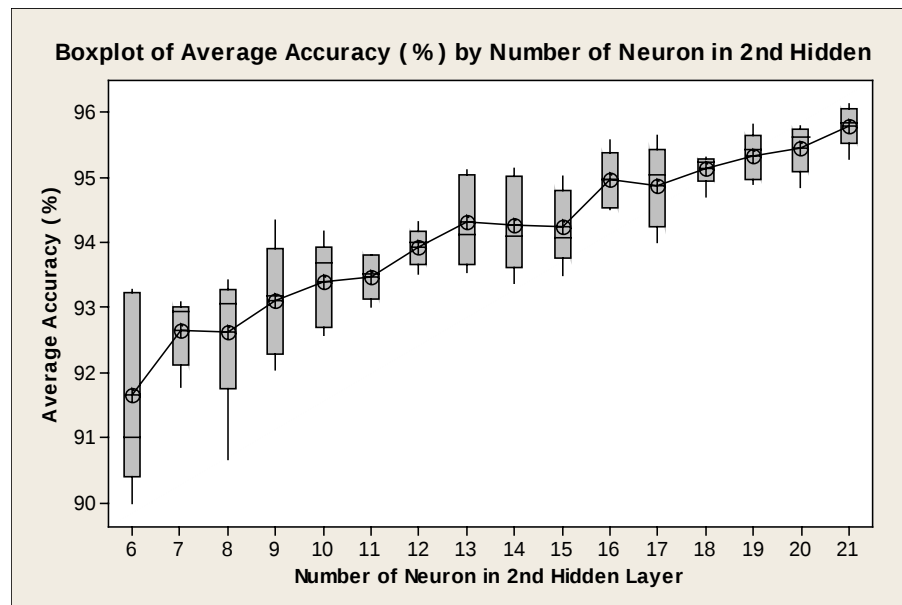
number of neuron in 2 nd hidden layer	accuracy (%)		
	inside diameter	cross section diameter	average
13	93.6000	95.0026	94.3013
14	93.3309	95.1828	94.2569
15	93.1930	95.2593	94.2262
16	94.3253	95.5942	94.9598
17	94.2066	95.5325	94.8696
18	94.8259	95.4125	95.1192
19	94.8963	95.7420	95.3192
20	95.0283	95.8791	95.4537
21	95.2544	96.3185	95.7864

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 5

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิเวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน และ 2 ตัวแปรนำออก โดยใช้จำนวนนิเวรอนที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 4 วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปรมี 16 ระดับ และวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยที่สุดโดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิเวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสมในชั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 59



ภาพที่ 59 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 5

จากภาพที่ 59 พบว่า จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เพิ่มขึ้น ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเพิ่มขึ้น ค่อนข้างสม่ำเสมอ ที่จำนวนนิวรอนเท่ากับ 21 นิวรอน ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำสูงสุด เพื่อเป็นการยืนยันถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับ จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 46

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสม จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ ในตารางที่ 46

ตารางที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 5

source	DF	SS	MS	F	P
number of neuron in 2 nd hidden layer	15	104.592	6.973	14.660	0.000
error	64	30.440	0.476		
total	79	135.032			

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 47 พบว่า จำนวนนิวรอนเท่ากับ 21 นิวรอนให้ค่าแตกต่างจากจำนวนนิวรอนอื่น ๆ มากที่สุดและให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยมากที่สุด ในการทดลองนี้จึงเลือกจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 เท่ากับ 21 นิวรอน

3. ผลการทดลองเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของเครือข่ายประสาทเทียม 1 ตัวแปรนำออก ในการทำนายการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

3.1 ผลการทดลองที่ 6

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ดังแสดงในตารางที่ 48

ตารางที่ 48 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 6

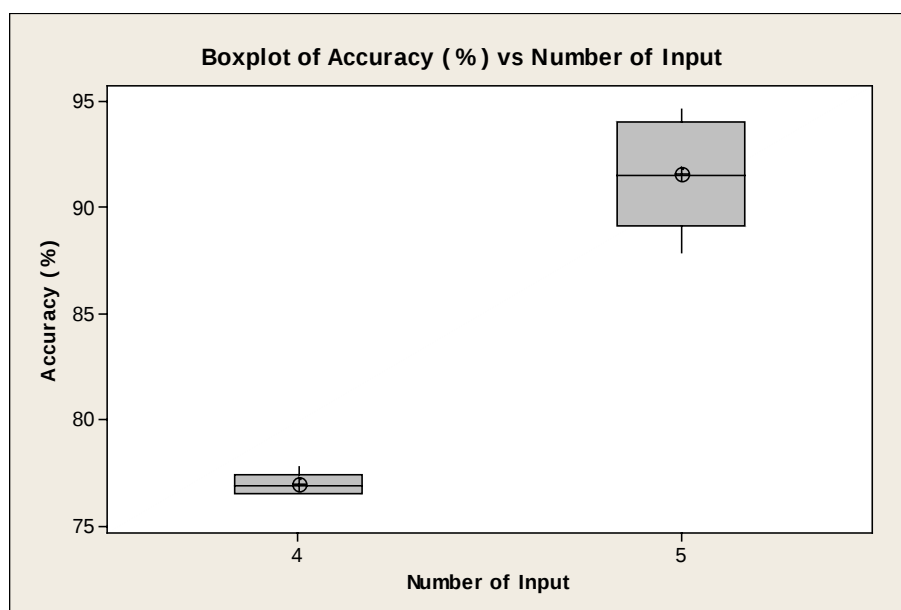
number of input	average accuracy (%)
	inside diameter
4	76.9280
5	91.5656

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 6

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปรมี 2 ระดับ คือจำนวนตัวแปรนำเข้า 4 และ 5 ตัว โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในชั้นเบื้องต้น จะวิเคราะห์ผลโดยใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 60



ภาพที่ 60 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 6

จากภาพที่ 60 พบว่าจำนวนนิวรอนในชั้นอินพุตเมื่อเพิ่มจากจำนวน 4 เป็น 5 ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำสูงขึ้น

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสม เพื่อให้ยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 49

ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 6

source	DF	SS	MS	F	P
number of input data	1	535.650	535.650	148.740	0.000
error	8	28.810	3.600		
total	9	564.460			

การผันแปรจำนวนตัวแปรนำเข้า 4 ตัวและ 5 ตัว จากตารางที่ 49 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรนี้ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อ ประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยาง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้จำนวนตัวแปรนำเข้าที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด คือ 5 ตัวแปร

3.2 ผลการทดลองที่ 7

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมที่ใช้ในการฝึกหัด เครือข่าย ประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน โดยนำจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมจากผลการทดลองที่ 1 จากนั้นทำการเปรียบเทียบการ ปรับข้อมูลให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 กับการไม่ปรับข้อมูล ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 50

ตารางที่ 50 เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 7

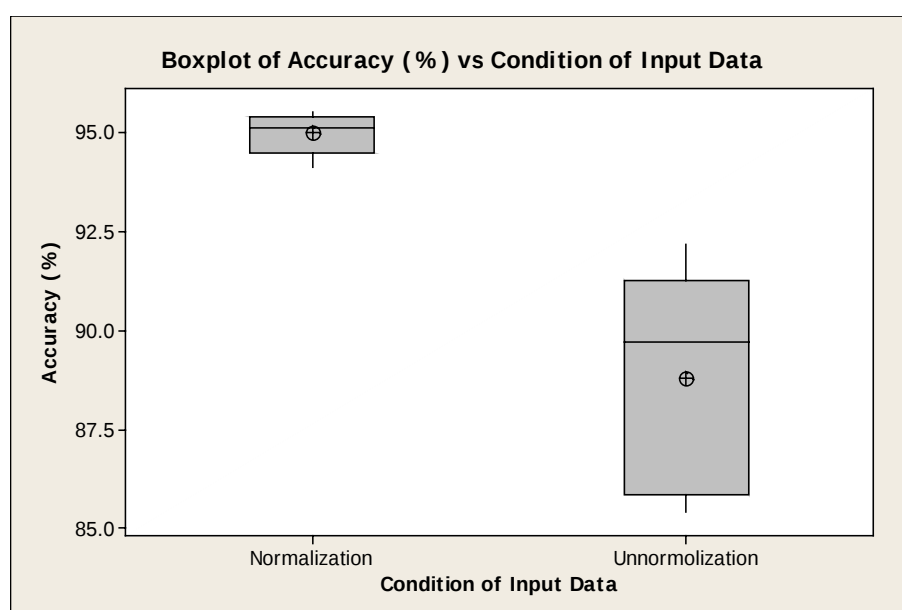
condition of input data	average accuracy (%)
	inside diameter
unnormolization	88.7799
normalization	94.9815

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 7

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมที่ใช้ในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปร 2 ระดับ คือ ทำการเปรียบเทียบการปรับข้อมูลกับการไม่ปรับข้อมูล โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมในขั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 61



ภาพที่ 61 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 7

จากภาพที่ 61 พบว่าวิธีกำหนดวิธีการปรับข้อมูล ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำสูงกว่าการ ไม่ปรับข้อมูล

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสม และเพื่อเป็นการยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 51

ตารางที่ 51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 7

source	DF	SS	MS	F	P
condition of input data	1	96.15	96.15	22.74	0.001
error	8	33.83	4.23		
total	9	129.98			

จากผลการเปรียบเทียบการปรับข้อมูล กับการไม่ปรับข้อมูล จากตารางที่ 51 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ตัวแปรนี้ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยาง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการปรับข้อมูล ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

3.3 ผลการทดลองที่ 8

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ และจำนวนรอบ ที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน โดยใช้วิธีการจัดการข้อมูลจากการทดลองที่ 7 ซึ่งผล การทดลองแสดงในตารางที่ 52

ตารางที่ 52 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 8

learning rate	epoch	accuracy (%)
		inside diameter
0.01	1,000	94.6594
	3,000	95.0854
	5,000	94.9718
0.05	1,000	94.9017
	3,000	94.7508
	5,000	95.0819
0.09	1,000	94.8274
	3,000	95.0988
	5,000	95.2841

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 8

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้และจำนวนรอบที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก โดยใช้วิธีการจัดการข้อมูลจากการทดลองที่ 7 และใช้ตัวแปรหลักทั้งหมด 2 ตัวแปร และมีระดับของตัวแปร 3 ระดับ ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้และจำนวนรอบ จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 53

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 8

source	DF	seq SS	adj SS	adj MS	F	P
learning rate	2	0.2614	0.2614	0.1307	0.28	0.754
epoch	2	0.7568	0.7568	0.3784	0.82	0.447
learning rate*epoch	4	0.5323	0.5323	0.1331	0.29	0.883
error	36	16.5273	16.5273	0.4591		
total	44	18.0777				

ผลการปรับอัตราการเรียนรู้และจำนวนรอบ จากตารางที่ 53 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองให้ผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์อย่างไม่แตกต่างกัน ดังนั้น สามารถเลือกค่าใดค่าหนึ่งมาใช้ในการฝึกหัดได้ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราการเรียนรู้ เท่ากับ 0.01 และทำการฝึกหัดเครือข่าย 1,000 รอบ

3.4 ผลการทดลองที่ 9

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่ 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน โดยใช้องค์ประกอบภายในที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 8 และนำจำนวนตัวแปรนำเข้า และจำนวนตัวแปรนำออกมากำหนดจำนวนนิวรอนน้อยที่สุดและมากที่สุด โดยใช้สมการที่ 42 และ 43 ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 54

ตารางที่ 54 ผลการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมของการทดลองที่ 9

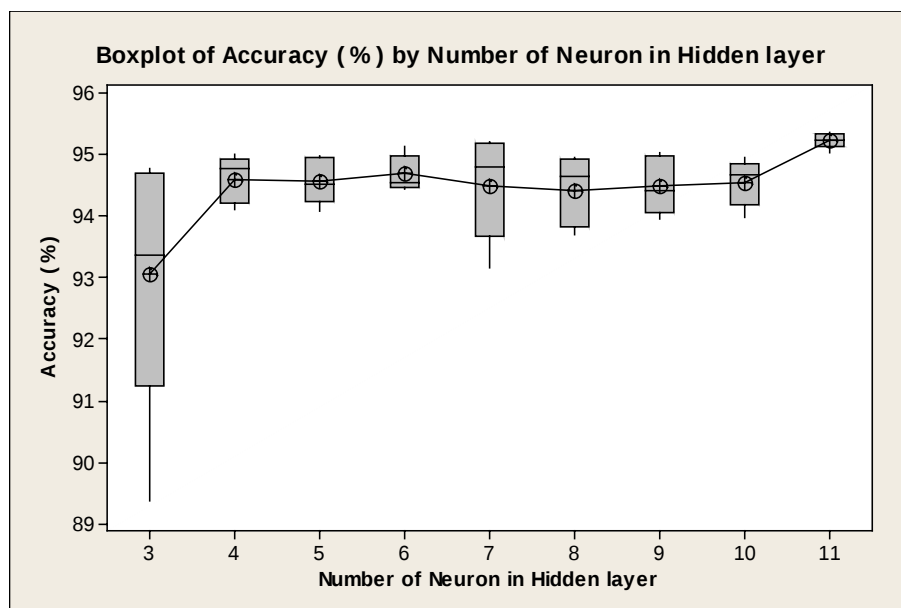
number of neuron in hidden layer	average accuracy (%) inside diameter
3	93.0555
4	94.6131
5	94.5814
6	94.6953
7	94.5106
8	94.4360
9	94.5108
10	94.5532
11	95.2475

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 9

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่ 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก โดยใช้องค์ประกอบภายในที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 8 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยแผนภาพแบบกล่อง วิเคราะห์ความแปรปรวน แบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปรมี 9 ระดับ และวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมในชั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่องดังแสดงในภาพที่ 62



ภาพที่ 62 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 9

จากภาพที่ 62 เมื่อพิจารณาจากความแม่นยำ พบว่า ที่จำนวนนิวรอนเท่ากับ 3 นิวรอน มีค่าแตกต่างจากที่ระดับอื่น แต่ที่จำนวนนิวรอนตั้งแต่ 5 ถึง 11 นิวรอนค่าความแม่นยำมีค่าใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นการยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 55

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสม จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 55

ตารางที่ 55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 1

source	DF	SS	MS	F	P
number of neuron	8	13.501	1.688	2.29	0.042
error	36	26.476	0.735		
total	44	39.976			

ผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสม จากตารางที่ 55 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของเครือข่ายที่มีจำนวนนิวรอนแตกต่างกัน ให้ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อยที่สุดหนึ่งคู่

3) วิถีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุด

ในการพิจารณาเลือกโครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียมที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ วิถีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุด ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 56

ตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์โดยวิถีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยที่สุดของการทดลองที่ 9

number of neuron in hidden layer								
3	4	5	6	7	8	9	10	11

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 56 เมื่อพิจารณาจากเส้นทึบด้านล่าง พบว่า สามารถแบ่งความแตกต่างของค่าความแม่นยำได้เป็น 2 กลุ่ม คือ จำนวนนิวรอนเท่ากับ 3 นิวรอน กลุ่มหนึ่ง และจำนวนนิวรอนตั้งแต่ 4 ถึง 11 นิวรอน อีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มแรก แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในตารางที่ 57 พบว่าที่จำนวนนิวรอนเท่ากับ 11 นิวรอน ให้ค่าน้อยที่สุด แสดงว่าผลที่ได้มีความเสถียรภาพ มากกว่าที่ระดับอื่น ๆ ในการทดลองนี้จึงเลือกจำนวนนิวรอนเท่ากับ 11 นิวรอน

ตารางที่ 57 ผลการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองที่ 9

number of neuron in hidden layer	mean	standard deviation
3	93.056	2.190
4	94.613	0.382
5	94.581	0.379
6	94.695	0.290
7	94.511	0.863
8	94.436	0.567
9	94.511	0.469
10	94.553	0.381
11	95.247	0.126

3.5 ผลการทดลองที่ 10

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหัดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ที่ให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด โดยนำผลจากการทดลองที่ 4 มาเป็นตัวกำหนดจำนวนนิวรอนน้อยที่สุดและมากที่สุดที่ใช้ในการทดลองที่ 10 ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 58

ตารางที่ 58 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 10

number of neuron in 2 nd hidden layer	average accuracy (%) inside diameter
6	95.6840
7	96.0020
8	95.9386
9	95.8950
10	95.9558

ตารางที่ 58 (ต่อ)

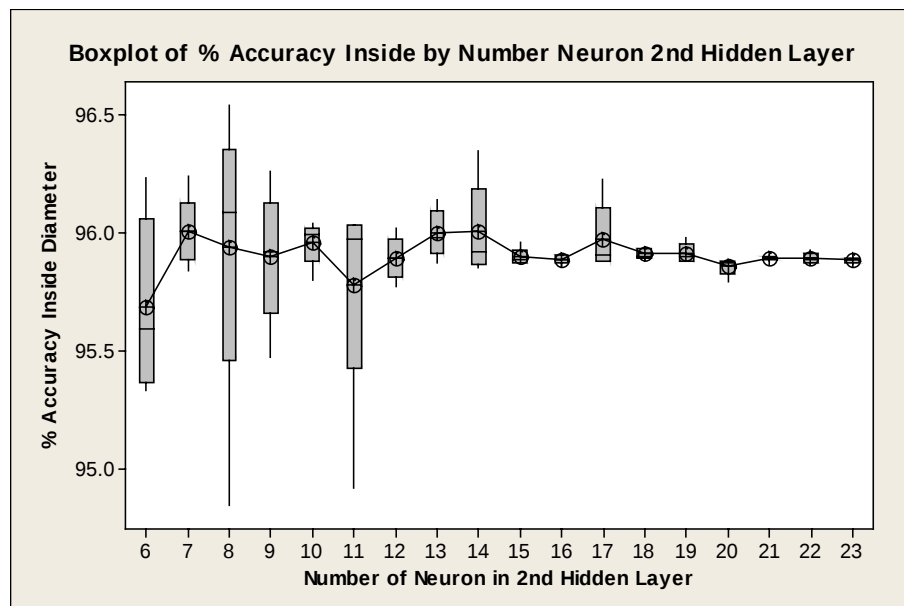
number of neuron in 2 nd hidden layer	average accuracy (%)
	inside diameter
11	95.7746
12	95.8876
13	95.9967
14	96.0025
15	95.8938
16	95.8859
17	95.9715
18	95.9074
19	95.9098
20	95.8543
21	95.8912
22	95.8908
23	95.8827

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 10

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก โดยใช้จำนวนนิวรอนที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 9 วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปร 16 ระดับ และวิธีความแตกต่าง นัยสำคัญน้อยที่สุดโดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสมในชั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 63



ภาพที่ 63 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 10

จากภาพที่ 63 พบว่า จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เพิ่มขึ้น ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ไม่สามารถกำหนดจำนวนนิวรอนที่ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดได้ เพื่อเป็นการยืนยันถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับ จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 59

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสม จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 59

ตารางที่ 59 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 10

source	DF	SS	MS	F	P
number of neuron in 2 nd hidden layer	17	0.5273	0.031	0.57	0.901
error	72	3.8982	0.0541		
total	89	4.4255			

ผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสม จากตารางที่ 59 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยของเครือข่ายที่มีจำนวนนิวรอนแตกต่างกันในทุกระดับให้ค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสามารถเลือกจำนวนนิวรอนตั้งแต่ 6 ถึง 23 นิวรอน มาใช้ได้ แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในตารางที่ 60 พบว่า ที่จำนวนนิวรอน 15 16 และ 18 - 23 นิวรอน มีค่าต่ำกว่าระดับอื่น ๆ แสดงว่าข้อมูลที่ระดับดังกล่าวมีความเสถียรภาพมากกว่าที่ระดับอื่น ๆ จึงควรเลือกจำนวนนิวรอนให้อยู่ในช่วงดังกล่าว ในการทดลองนี้เลือกจำนวนนิวรอนในชั้นที่สองเท่ากับ 21 นิวรอน

ตารางที่ 60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองที่ 10

architecture ¹	mean	standard Deviation
5-11-15-1	95.894	0.038
5-11-16-1	95.886	0.020
5-11-18-1	95.907	0.024
5-11-19-1	95.910	0.040
5-11-20-1	95.854	0.037
5-11-21-1	95.891	0.008
5-11-22-1	95.891	0.023
5-11-23-1	95.883	0.011

¹ จำนวนตัวแปรนำเข้า-จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1-จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2-จำนวนตัวแปรนำออก

4. ผลการทดลองเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของเครือข่ายประสาทเทียม 1 ตัวแปรนำออก ในการทำนายการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด

4.1 ผลการทดลองที่ 11

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในการฝึกหัด เครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด ดังแสดงในตารางที่ 61

ตารางที่ 61 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 11

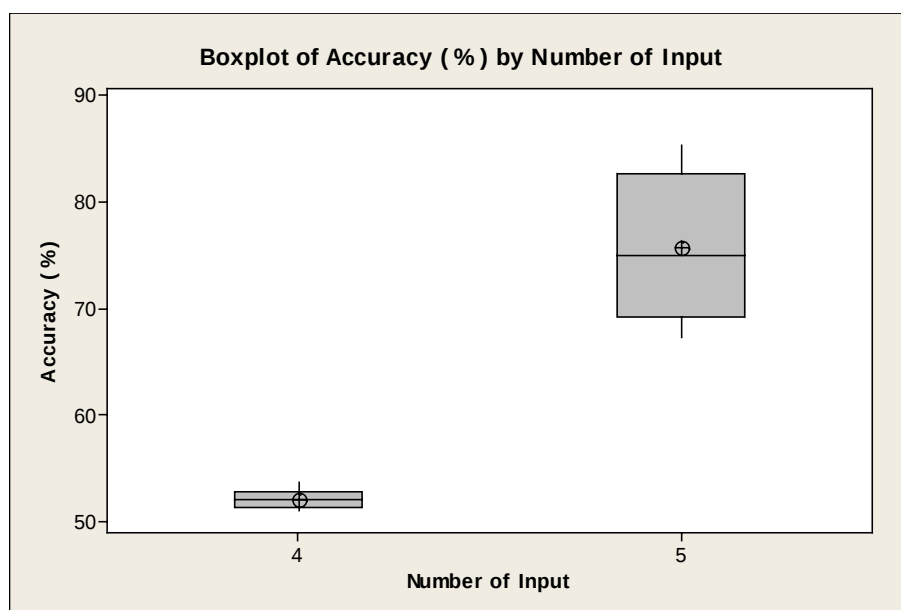
number of input	average accuracy (%)
	cross section diameter
4	52.08608
5	75.76264

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 11

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปรมี 2 ระดับ คือจำนวนตัวแปรนำเข้า 4 และ 5 ตัว โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในขั้นเบื้องต้น จะวิเคราะห์ผลโดยใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 64



ภาพที่ 64 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 11

จากภาพที่ 64 พบว่าจำนวนนิรอนในชั้นอินพุตเมื่อเพิ่มจากจำนวน 4 เป็น 5 ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำสูงขึ้น

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสม เพื่อให้ยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 62

ตารางที่ 62 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 11

source	DF	SS	MS	F	P
sumber of input	1	1401.400	1401.400	54.740	0.000
error	8	204.800	25.600		
total	9	1606.200			

การผันแปรจำนวนตัวแปรนำเข้า 4 ตัวและ 5 ตัว จากตารางที่ 62 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรนี้ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อ ประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยาง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้จำนวนตัวแปรนำเข้าที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด คือ 5 ตัวแปร

4.2 ผลการทดลองที่ 12

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมที่ใช้ในการฝึกหัด เครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลาง ภาคตัด โดยนำจำนวนตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมจากผลการทดลองที่ 1 จากนั้นทำการเปรียบเทียบ การปรับข้อมูล ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 กับการไม่ปรับข้อมูล ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 63

ตารางที่ 63 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 12

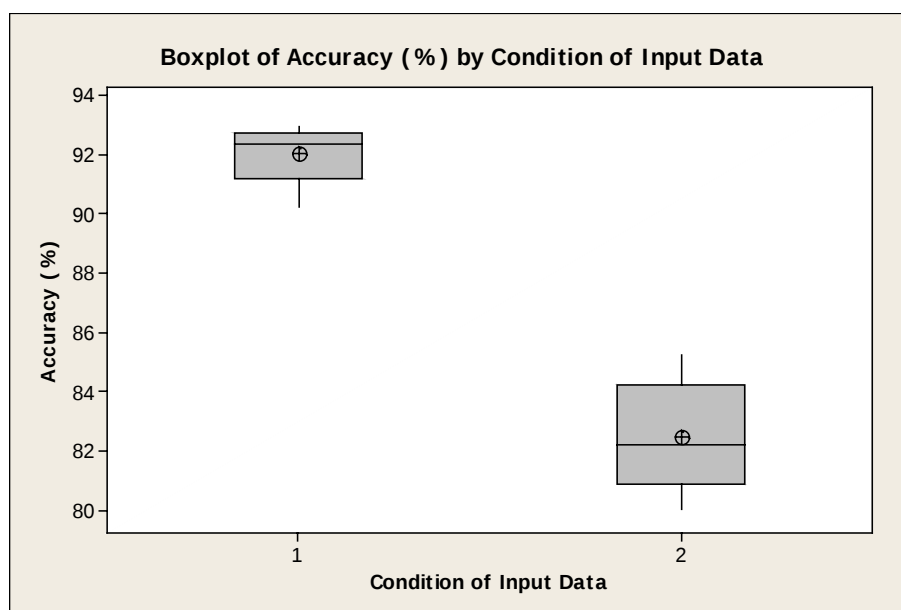
condition of input data	average accuracy (%)
	cross section diameter
unnormalization	82.4584
normalization	92.0323

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 12

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสม ที่ใช้ในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก ใช้วิธีวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปร 2 ระดับ คือ ทำการเปรียบเทียบการปรับข้อมูล กับการไม่ปรับข้อมูล โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมในขั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 65



ภาพที่ 65 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 12

จากภาพที่ 65 พบว่าวิธีกำหนดวิธีการปรับข้อมูล ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำสูงกว่าการไม่ปรับข้อมูล

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสม และเพื่อเป็นการยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 64

ตารางที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 12

source	DF	SS	MS	F	P
condition of input data	1	229.150	229.150	94.460	0.000
error	8	19.410	2.430		
total	9	248.560			

จากผลการเปรียบเทียบการปรับข้อมูล กับการไม่ปรับข้อมูล จากตารางที่ 64 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ตัวแปรนี้ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยาง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการปรับข้อมูล ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

4.3 ผลการทดลองที่ 13

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ และจำนวนรอบ ที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน โดยใช้วิธีการจัดการข้อมูลจากการทดลองที่ 12 ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 65

ตารางที่ 65 เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 13

learning rate	epoch	accuracy (%)
		cross section diameter
0.01	1,000	90.3750
	3,000	89.9244
	5,000	91.7575
0.05	1,000	90.9953
	3,000	92.2585
	5,000	90.9625

ตารางที่ 65 (ต่อ)

learning rate	epoch	accuracy (%)
		cross section diameter
0.09	1,000	91.6780
	3,000	91.8390
	5,000	89.6376

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 13

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ และจำนวนรอบ ที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก โดยใช้วิธีการจัดการข้อมูลจากการทดลองที่ 12 และใช้ตัวแปรหลักทั้งหมด 2 ตัวแปร และมีระดับของตัวแปร 3 ระดับ ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยดัชนีที่ใช้วัด ประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ และจำนวนรอบ จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 66

ตารางที่ 66 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 13

source	DF	seq SS	adj SS	adj MS	F	P
learning rate	2	4.684	4.684	2.342	0.670	0.520
epoch	2	4.105	4.105	2.053	0.580	0.563
learning rate*epoch	4	34.026	34.026	8.506	2.420	0.066
error	36	126.656	126.656	3.518		
total	44	169.471				

ผลการปรับอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) และจำนวนรอบ (Epoch) จากตารางที่ 66 เมื่อพิจารณา ค่า P-Value พบว่า มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองให้ผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายผลการหดตัวของผลิตภัณฑ์อย่างไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสามารถเลือกค่าใดค่าหนึ่งมาใช้ในการฝึกหัดได้ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าอัตราการเรียนรู้ เท่ากับ 0.01 และทำการฝึกหัดเครือข่าย 1000 รอบ

4.4 ผลการทดลองที่ 14

จากผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่ 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก คือ การหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน โดยใช้องค์ประกอบภายในที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 13 ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 67

ตารางที่ 67 ผลการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสมของการทดลองที่ 14

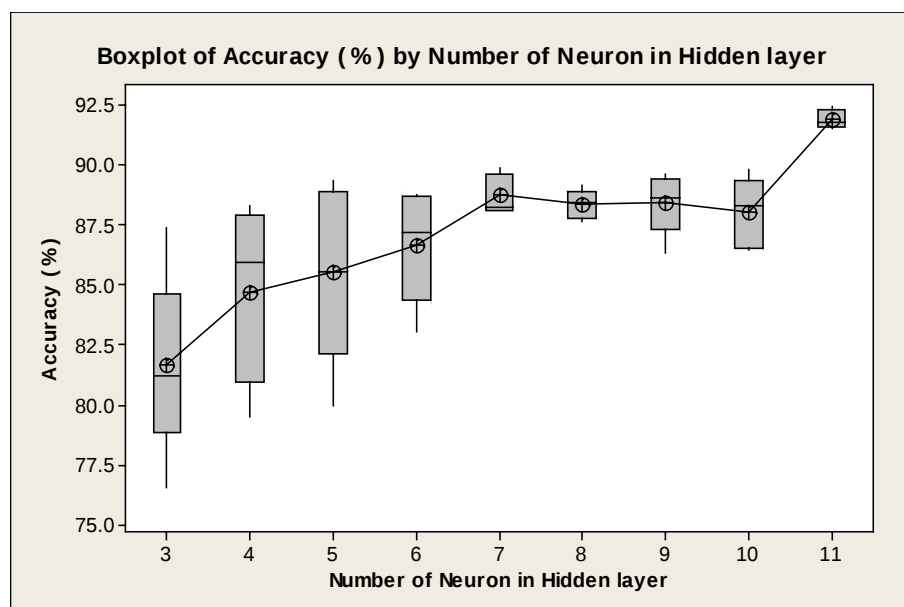
number of neuron in hidden layer	average accuracy (%)
	inside diameter
3	81.6251
4	84.7072
5	85.5234
6	86.6597
7	88.9688
8	89.3299
9	88.8368
10	90.4838
11	91.3157

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 14

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่ 1 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก โดยใช้องค์ประกอบภายในที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 13 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยแผนภาพแบบกล่อง วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปรมี 9 ระดับ และวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน ที่เหมาะสมในชั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 66



ภาพที่ 66 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 14

จากภาพที่ 66 พบว่า ที่จำนวนนิวรอนเท่ากับ 3 4 และ 5 นิวรอน ค่าความแม่นยำเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่จำนวนนิวรอนตั้งแต่ 7 ถึง 10 นิวรอนค่าความแม่นยำเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนที่จำนวนนิวรอนเท่ากับ 11 นิวรอน มีค่าแตกต่างจากระดับอื่นๆ เพื่อเป็นการยืนยันจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแบบกล่อง จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 68

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสม จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 68

ตารางที่ 68 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 1

source	DF	SS	MS	F	P
number of neuron	8	341.490	42.690	7.230	0.000
error	36	212.690	5.910		
total	44	554.180			

ผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่เหมาะสม จากตารางที่ 68 เมื่อพิจารณา ค่า P-Value พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของเครือข่ายที่มีจำนวนนิวรอนแตกต่างกัน ให้ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อยที่สุดหนึ่งคู่

ตารางที่ 70 ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 15

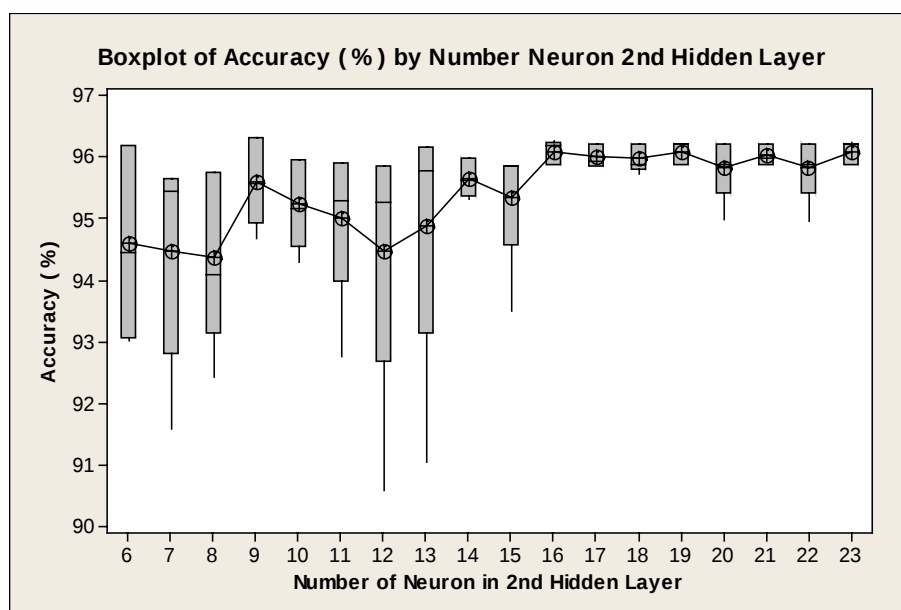
number of neuron in 2 nd hidden layer	average accuracy (%)
	cross section diameter
6	94.6004
7	94.4789
8	94.3779
9	95.6130
10	95.2399
11	95.0217
12	94.4636
13	94.8820
14	95.6636
15	95.3454
16	96.0848
17	96.0190
18	95.9884
19	96.0845
20	95.8405
21	96.0398
22	95.8299
23	96.0882

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 15

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสมในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน และ 1 ตัวแปรนำออก โดยใช้จำนวนนิวรอนที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 9 วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง วิเคราะห์ความแปรปรวน แบบปัจจัยเดียว ที่มีตัวแปร 16 ระดับ และวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียม คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ย

1) วิเคราะห์โดยแผนภาพแบบกล่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสมในชั้นเบื้องต้น จะใช้แผนภาพแบบกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 67



ภาพที่ 67 แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 15

จากภาพที่ 67 พบว่า จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เพิ่มขึ้น ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ไม่สามารถกำหนดจำนวนนิวรอนที่ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดได้ เพื่อเป็นการยืนยันถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับ จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 71

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อกำหนดนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสม จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถแสดงในการวิเคราะห์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 71

ตารางที่ 71 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 15

source	DF	SS	MS	F	P
number of neuron in 2 nd hidden layer	17	34.400	2.020	1.660	0.071
error	72	87.630	1.220		
total	89	122.040			

ผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ที่เหมาะสม จากตารางที่ 71 เมื่อพิจารณา ค่า P-value พบว่า มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของเครือข่ายที่มีจำนวนนิวรอนแตกต่างกันในทุกระดับให้ค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสามารถเลือกจำนวนนิวรอนตั้งแต่ 6 ถึง 23 นิวรอน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในตารางที่ 72 พบว่า ที่จำนวนนิวรอน 16 – 23 นิวรอน มีค่าต่ำกว่าระดับอื่น ๆ แสดงว่าข้อมูลที่ระดับดังกล่าวมีความเสถียรภาพมากกว่าที่ระดับอื่น จึงควรเลือกจำนวนนิวรอนให้อยู่ในช่วงดังกล่าว และเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการฝึกหัดเครือข่าย จึงเลือกจำนวนนิวรอนในชั้นที่สองเท่ากับ 16 นิวรอน

ตารางที่ 72 แสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองที่ 15

architecture ¹	mean	standard deviation
5-11-6-1	94.600	1.566
5-11-7-1	94.479	1.761
5-11-8-1	94.378	1.408
5-11-9-1	95.613	0.712
5-11-10-1	95.240	0.724
5-11-11-1	95.022	1.311
5-11-12-1	94.464	2.226
5-11-13-1	94.882	2.178
5-11-14-1	95.664	0.305
5-11-15-1	95.345	1.042
5-11-16-1	96.085	0.183
5-11-17-1	96.019	0.188
5-11-18-1	95.988	0.223

ตารางที่ 72 (ต่อ)

architecture ¹	mean	standard deviation
5-11-19-1	96.084	0.182
5-11-20-1	95.841	0.513
5-11-21-1	96.040	0.167
5-11-22-1	95.830	0.517
5-11-23-1	96.088	0.185

¹ จำนวนตัวแปรนำเข้า-จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1-จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2-จำนวนตัวแปรนำออก