บทที่ 4

การออกแบบและการทดสอบข่ายงานระบบประสาท

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบข่ายงานระบบประสาทในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำลองการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิต เพื่อให้สามารถบอกได้ว่าเกิดความผิดปกติขึ้นในกระบวนการผลิตหรือไม่ โดยการใช้ชุดข้อมูลที่มีค่าเป็นตัวเลขแทนรูปแบบความผิดปกติดังที่ปรากฏบนแผนภูมิควบคุมคุณภาพเชิงสถิติของ Western Electric Statistical Quality Control Handbook จำนวน 6 รูปแบบ เป็นข้อมูลซึ่งจะนำมาสอนให้ข่ายงานเรียนรู้ และจดจำ ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบเพอเซปตรอน และ Backpropagation จนกระทั่งข่ายงานสามารถแบ่งแยกความแตกต่างของข้อมูลได้คำตอบออกมาว่าข้อมูลชุดนั้นๆ เป็นข้อมูลที่ออกนอกหรืออยู่ในภาวะการควบคุม ตามวัตถุประสงค์ คือได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุดและมีค่าความผิดพลาดต่ำสุดแล้ว จะทำการทดสอบข่ายงานโดยใช้ข้อมูลอีกชุดเพื่อให้ทราบว่าข่ายงานระบบประสาทนั้นๆ น่าจะมีศักยภาพมากน้อยเพียงใดสำหรับมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ การออกแบบและทดสอบข่ายงานระบบประสาทจะกล่าวโดยละเอียดต่อไปนี้

4.1 หลักการออกแบบและทดสอบข่ายงานระบบประสาท

การออกแบบข่ายงานระบบประสาทให้สามารถวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมคุณภาพเชิงสถิติได้นั้น คำนึงถึงความสะดวกและความเป็นอิสระในการทำงานเป็นหลัก จึงแบ่งข่ายงานออกเป็น 6 ข่ายงาน เพื่อที่ว่าสามารถแยกกันทดสอบและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละข่ายงานจะไม่มีผลต่อกัน

ข่ายงานที่ 1 : เป็นการออกแบบข่ายงานสำหรับวิเคราะห์หาคำตอบของการควบคุมกระบวนการผลิต ว่าออกนอกภาวะการควบคุมในรูปแบบ จุดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม

ข่ายงานที่ 2 : เป็นการออกแบบข่ายงานสำหรับวิเคราะห์หาคำตอบของการควบคุมกระบวนการผลิต ว่าออกนอกภาวะการควบคุมในรูปแบบ เกิดเป็นแนวโน้ม

ข่ายงานที่ 3 : เป็นการออกแบบข่ายงานสำหรับวิเคราะห์หาคำตอบของการควบคุมกระบวนการผลิต ว่าออกนอกภาวะการควบคุมในรูปแบบ เข้าใกล้เส้นขีดจำกัดควบคุม

ข่ายงานที่ 4 : เป็นการออกแบบข่ายงานสำหรับวิเคราะห์หาคำตอบของการควบคุมกระบวนการผลิต ว่าออกนอกภาวะการควบคุมในรูปแบบ เข้าใกล้เส้นกึ่งกลาง

ข่ายงานที่ 5 : เป็นการออกแบบข่ายงานสำหรับวิเคราะห์หาคำตอบของการควบคุมกระบวนการผลิต ว่าออกนอกภาวะการควบคุมในรูปแบบ เกิดการเปลี่ยนระดับอย่างรวดเร็ว

ข่ายงานที่ 6 : เป็นการออกแบบข่ายงานสำหรับวิเคราะห์หาคำตอบของการควบคุมกระบวนการผลิต ว่าออกนอกภาวะการควบคุมในรูปแบบ เกิดเป็นวัฏจักร

การวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MATHLAB Version 4 ซึ่งมี Toolbox สำหรับนำมาช่วยในการจำลอง การสอนและการทดสอบข่ายงานระบบประสาท และรหัสโปรแกรมได้แสดงไว้ในภาคผนวก ช คอมพิวเตอร์ที่ใช้ รุ่น Pentrium Pro 300 MHz

4.2 ข้อมูลที่ให้ข่ายงานระบบประสาทจดจำ

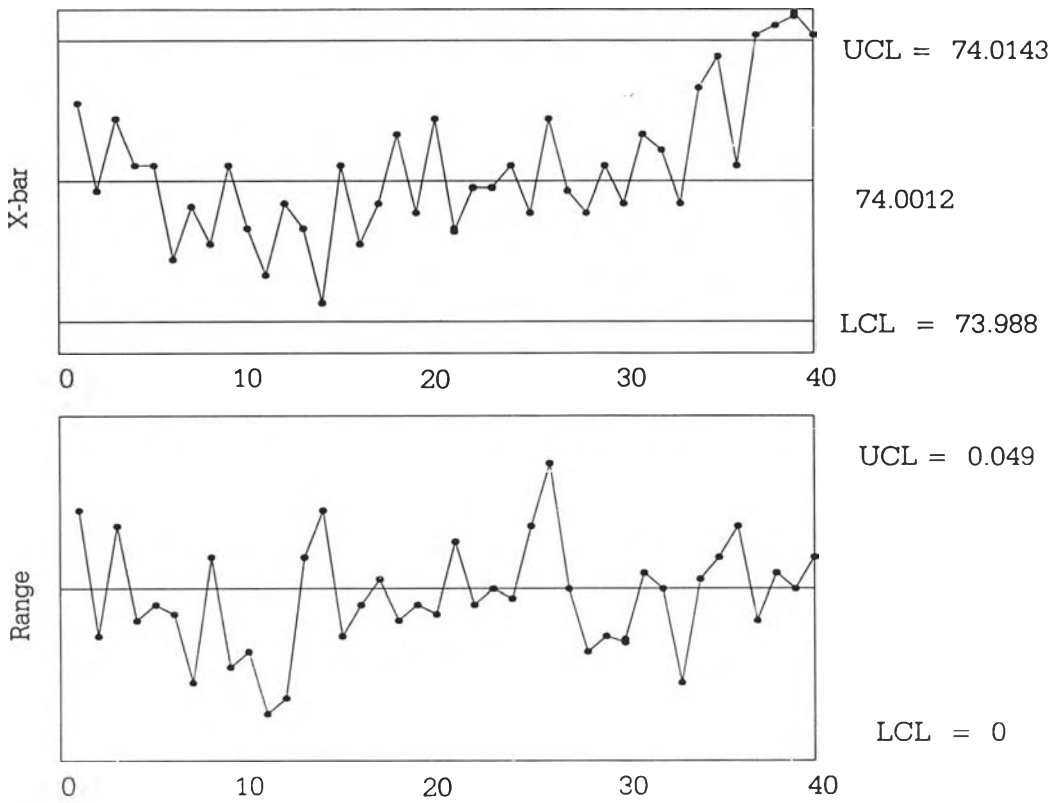
ทำการสร้างชุดข้อมูลใช้สำหรับให้ข่ายงานเรียนรู้หรือใช้ในการทดสอบ ดังนี้

4.2.1 ข้อมูลเบื้องต้น ประกอบไปด้วย ข้อมูลที่แทนรูปแบบซึ่งอยู่ภายใต้ภาวะการควบคุม (ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ก) ซึ่งได้จากการจำลองกระบวนการผลิต Pistron Rings สำหรับเป็นอะไหล่รถยนต์ โดยมีกรรมวิธีการผลิตแบบ Forging ในการควบคุมกระบวนการผลิตจะสุ่มตัวอย่าง Piston Rings ขึ้นมาตรวจสอบเป็นช่วงๆครั้งละ 5 ชิ้น เพื่อวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน แล้วบันทึกค่าไว้พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Montgomery, 1990) ดังแสดงเป็นตัวอย่างในตารางที่ 4.1 จากนั้นทำการคำนวณหาเส้นขีดจำกัด เพื่อนำข้อมูลนี้ไปสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเฉลี่ยของ Piston Rings

กลุ่ม	ข้อมูลที่วัดได้					ค่าเฉลี่ย	พิสัย
ตัวอย่างที่	x1	x2	x3	x4	x5	$\bar{x}$	R
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008	74.010	0.038
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004	74.001	0.019
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002	74.008	0.036
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009	74.003	0.022
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014	74.003	0.026
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993	73.996	0.024
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005	74.000	0.012
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988	73.997	0.030
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004	74.004	0.014
10	73.998	74.0000	73.990	74.007	73.995	73.998	0.017
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990	73.994	0.008
12	74.004	74.000	74.007	74.000	73.996	74.001	0.011
13	73.983	74.002	73.998	73.997	74.012	73.998	0.029
14	74.006	73.967	73.994	74.000	73.984	73.990	0.039
15	74.012	74.014	73.998	73.999	74.007	74.006	0.016
16	74.000	73.984	74.005	73.998	73.996	73.997	0.021
17	73.994	74.012	73.986	74.005	74.007	74.001	0.026
18	74.006	74.010	74.018	74.003	74.000	74.007	0.018
19	73.984	74.002	74.003	74.005	73.997	73.998	0.021
20	74.000	74.010	74.013	74.020	74.003	74.009	0.020
21	73.988	74.001	74.009	74.005	73.996	74.000	0.033
22	74.004	73.999	73.990	74.006	74.009	74.002	0.019
23	74.010	73.989	73.990	74.009	74.014	74.002	0.025
24	74.015	74.080	73.993	74.000	74.010	74.005	0.022
25	73.982	73.984	73.995	74.017	74.013	73.998	0.035

UCL $= \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$ $= 74.014$	$UCL_R = D_4R = 0.048$	$\bar{\bar{x}} = 74.001$	$\bar{R} = 0.023$
LCL $= \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$ $= 73.988$	$LCL_R = D_3R = 0.000$	CL=74.001	CL_R=0.023



รูปที่ 4.1 $\bar{X}$ - $\bar{R}$ *Chart ของเส้นผ่าศูนย์กลางของ Piston Rings จากการเริ่มต้นตรวจวัด*

4.2.2 ข้อมูลเพิ่มเติม สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EXCEL เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แทนรูปแบบออกนอกภาวะการควบคุม ตามที่กำหนดใน Western Electric Statistical Quality Control Handbook (Montgomery, 1990) ทั้ง 6 รูปแบบ เก็บไว้เป็นข้อมูลที่พร้อมจะถูกเลือกออกมาเป็นชุดข้อมูลสำหรับป้อนให้ข่ายงานเรียนรู้ (Training Data Set) หรือทดสอบ (Testing Data Set) โดยแต่ละชุดประกอบด้วยจำนวนข้อมูลที่แทนจุดต่างๆบนแผนภูมิควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ ดังนี้

(1) จุดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม มีจุด 1 อยู่นอกเส้นขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง (ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ข)

(2) เกิดเป็นแนวโน้ม มีจุดต่อเนื่องกัน 7 จุด เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือพาดเฉียงขึ้นไปทางด้านเส้นขีดจำกัดควบคุมบน หรือพาดเฉียงลงไปทางด้านเส้นขีดจำกัดควบคุมล่าง โดยไม่มีการสลับฟันปลา (ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ค)

(3) เกิดการเข้าใกล้ขีดจำกัดควบคุม มีจุดที่อยู่ต่อเนื่องกัน 2 ใน 3 จุด เกาะอยู่ใกล้เส้นขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง (ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ง)

(4) เกิดการเข้าใกล้เส้นกึ่งกลาง จุดเกือบทั้งหมด 20 จุด ตกอยู่ระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นกึ่งกลางขึ้นไปและลงมา (ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก จ)

(5) เกิดการเปลี่ยนระดับอย่างรวดเร็ว มี 10 จุดต่อเนื่องกันที่เปลี่ยนระดับอย่างรวดเร็วไปอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง (ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ฉ)

(6) เกิดเป็นวัฏจักร มี 20 จุดปรากฏติดต่อกันแบบขึ้นๆ ลงๆ เป็นวงจรรอบๆ ภายในขอบเขตเส้นขีดจำกัดควบคุม (ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ช)

4.3 ส่วนประกอบของข่ายงานระบบประสาท

เนื่องจากเมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่าข่ายงานระบบประสาทที่จะออกแบบนี้ ก็เพื่อช่วยในการเรียนรู้และจดจำ แล้วสามารถจำแนกประเภทชุดข้อมูลให้ได้คำตอบออกมาว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" รูปแบบที่ออกนอกภาวะการควบคุม ดังนั้นจึงได้เลือกให้ข่ายงาน มีวิธีการเรียนรู้ชนิดเพอเซปตรอน และ Backpropagation ซึ่งวิธีการเรียนรู้ดังกล่าวนั้นมีความเหมาะสมที่สุดกับงานในลักษณะเช่นนี้ (Velasco, 1993) ต่อไปนี้จะเป็นการออกแบบโครงสร้างข่ายงานระบบประสาท โดยทำการแยกข่ายงานระบบประสาทออกเป็น 2 ข่ายงานด้วยกัน แต่ละข่ายงานมีส่วนประกอบดังนี้

4.3.1 เพอเซปตรอน ข่ายงานที่ออกแบบนี้จะมีจำนวนชั้นของข่ายงานระบบประสาทเพียง 1 ชั้นที่ประกอบด้วย

- ข้อมูลเข้า กำหนดให้เป็นข้อมูลรูปแบบที่อยู่ในและออกนอกภาวะการควบคุมของแผนภูมิควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ โดยเลือกมาจากข้อ 4.2.1 และ ข้อ 4.2.2 ในการทดลองใช้ขนาดของชุดข้อมูล คือ ชุดข้อมูลที่แทนรูปแบบที่ออกนอกภาวะควบคุม จำนวน Q ชุด ต่อ ชุดข้อมูลที่แทนรูปแบบอยู่ในภาวะควบคุม จำนวน R ชุด สำหรับอัตราส่วนจำนวนชุดข้อมูลทั้ง 2 รูปแบบที่ป้อนเข้าให้ข่ายงานเรียนรู้ ได้พิจารณาจากงานวิจัยต่างๆและจากการลองผิดลองถูกด้วยตนเอง (โดยทั่วไปใช้อัตราส่วน Q : P = 2 : 1) และกำหนดให้จำนวนโหนดที่รับข้อมูลเข้าข่ายงาน (เท่ากับ S โหนด) เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละรูปแบบ โดยใช้การลองผิดลองถูกเช่นเดียวกัน
- ระบุข้อมูลเป้าหมายหรือข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งเป็นชุดที่ใช้สอนควบคู่กับชุดข้อมูลเข้ามี 2 ค่า คือ ถ้าเป็น 0 หมายถึง กระบวนการผลิตยังอยู่ในภาวะควบคุม และ 1 หมายถึง กระบวนการผลิตออกนอกภาวะควบคุม จำนวนชุดข้อมูลเป้าหมายต้องเท่ากับชุดข้อมูลเข้า

- ข้อมูลออก คือ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงมี 2 ค่า คือ ถ้าเป็น 0 หมายถึง กระบวนการผลิตยังอยู่ในภาวะควบคุม แต่ถ้าเป็น 1 หมายถึง กระบวนการผลิตออกนอกภาวะควบคุม ซึ่งจำนวนโหนดที่ส่งผลลัพธ์ออกสู่ภายนอกมี 1 โหนดเท่านั้น โดยจะใช้ฟังก์ชันการแปลงค่าแบบขั้นบันได (Step Function or Hard Limit) ในการแปลงค่าข้อมูลออกที่เกิดขึ้นจริงเป็นผลลัพธ์
- พารามิเตอร์เริ่มต้น กำหนดดังนี้คือ ค่าน้ำหนัก (Weight) และ ค่าตั้งจุดทำงาน (Bias) ให้เป็นค่าที่สร้างมาจากการสุ่มตัวเลขจากการกระจายหลายๆแบบ เช่น Normal , Uniform , Exponential เป็นต้น หรืออาจกำหนดขึ้นเอง
- พารามิเตอร์สิ้นสุดการทำงาน (Finish Condition) คือ จำนวนรอบในการทวนซ้ำมากที่สุด (Maximum Epoch) เป็นจำนวนรอบที่ให้ข่านงานหยุดการเรียนรู้ กำหนดจากการลองผิดลองถูก เริ่มจาก 20 รอบ เพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆตามเหมาะสม จนถึง 100,000 รอบ หรือจนกว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

4.3.2 Backpropagation ข่ายงานนี้จะมีจำนวนชั้นของข่ายงานระบบประสาท 3 ชั้น ที่ประกอบด้วย

- ชั้นแรก เป็นชั้นข้อมูลเข้า ทำหน้าที่รับข้อมูลจากภายนอก ซึ่งมีข้อมูลเข้าเป็นข้อมูลรูปแบบที่อยู่ในและออกนอกภาวะการควบคุมของแผนภูมิควบคุมคุณภาพเชิงสถิติที่เลือกมาจากข้อ 4.2.1 และ ข้อ 4.2.2 ในลักษณะเดียวกับที่ใช้กับเพอเซปตรอน ประกอบด้วยชุดข้อมูลที่แทนรูปแบบอยู่ในภาวะควบคุม จำนวน Q ชุด และข้อมูลที่แทนรูปแบบที่ออกนอกภาวะควบคุม จำนวน R ชุด การกำหนดจำนวนชุดข้อมูลที่เป็นตัวแทนของแต่ละรูปแบบได้พิจารณาจากงานวิจัยต่างๆและจากการลองผิดลองถูกด้วยตนเอง เช่นเดียวกับจำนวนโหนดที่รับข้อมูลเข้าข่ายงาน (เท่ากับ S_1 โหนด) ก็เป็นพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ต้องกำหนดให้เหมาะสมตามขนาดของข้อมูลแต่ละรูปแบบ
- ชั้นที่สอง เป็นชั้นแอบแฝง ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล กำหนดให้มีชั้นแอบแฝงเพียง 1 ชั้น และมีจำนวนโหนดในชั้นนี้ เท่ากับ S_2 โหนด ทั้งนี้ข่ายงานจะสร้างโหนดขึ้นมาเองโดยอัตโนมัติ Freeman และ Skapura (1991) แสดงแนวคิดในการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นแอบแฝงไว้ว่าควรใช้จำนวนโหนดให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพราะแต่ละโหนดที่เพิ่มเข้าไป จะก่อให้เกิดภาระงานที่เพิ่มขึ้นแก่หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ รวมถึงข้อแนะนำของ Goh (1995) ที่ว่าไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวในการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นแอบแฝง เว้นแต่จะทำการทดลอง

- ชั้นที่สาม เป็นชั้นข้อมูลออก ทำหน้าที่แปลงข้อมูลออกเป็นผลลัพธ์สู่ภายนอก ซึ่งกำหนดให้มีจำนวนโหนด เท่ากับ 1 โหนด ที่สามารถให้คำตอบออกมา 2 ค่า คือ 0 แทน กระบวนการผลิตอยู่ในภาวะควบคุม และ 1 แทน กระบวนการผลิตออกนอกภาวะควบคุม ในชั้นนี้จะใช้ฟังก์ชันการแปลงค่าแบบซิกมอยด์ ไฮเปอร์บอลิก หรือ เส้นตรง สำหรับแปลงค่าข้อมูลออกเป็นผลลัพธ์

- พารามิเตอร์เริ่มต้น กำหนดดังนี้คือ ค่าน้ำหนัก(Weight) และค่าตั้งจุดทำงาน (Bias) กำหนดให้เป็นค่าที่สร้างมาจากการสุ่มตัวเลขจากการกระจายหลายๆแบบ เช่น Normal , Uniform หรือ Exponential ดังที่ Freeman และ Skapura (1991) แนะนำไว้ว่า ค่าน้ำหนักและค่าตั้งจุดทำงานเริ่มต้นควรกำหนดให้มีค่าน้อยๆระหว่าง ± 0.5

- พารามิเตอร์สิ้นสุดการทำงาน (Finish Condition) คือ

  - จำนวนรอบในการทวนซ้ำมากที่สุด (Maximum Epoch) กำหนดจากการลองผิดลองถูก คือตั้งแต่ 500 รอบ เพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆตามเหมาะสมจนถึง 100,000 รอบ

  - อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) มีค่าเท่ากับ 1 สามารถทดลองปรับค่าได้คือ 0.1 , 0.01 , 0.001 , 0.98 , 0.99 และ 1

  - เป้าหมายของความผิดพลาด (Error Goal) มีค่าเป็น 0

  - กำหนดให้ได้ค่าความผิดพลาด (Sum Squared Error :SSE) ต่ำสุด

4.4 การสอนและการทดสอบข่ายงานระบบประสาท

4.4.1 ทำการสอน (Training) ให้ข่ายงานเรียนรู้แบบ Supervised Learning ชนิดเพอเซปตรอน และ Backpropagation โดยกำหนดจำนวนชุดการสอนควบคู่ (ชุดข้อมูลเข้าและข้อมูลเป้าหมาย) ในหลายๆรูปแบบ (ใช้ข้อมูลจากข้อ 4.2.1 และ ข้อ 4.2.2) วิธีการสอนจะแยกชุด ข้อมูลของแต่ละรูปแบบสำหรับให้ข่ายงานเรียนรู้ออกเป็นอิสระจากกัน ดังนั้นจะได้ข่ายงานทั้งหมด 6 ข่ายงาน (ในการทดสอบข่ายงานก็จะแยกชุดข้อมูลแต่ละรูปแบบสำหรับการทดสอบออกเป็นอิสระจากกันด้วย)

หลังจากกำหนดจำนวนชุดข้อมูลแล้ว จะนำชุดข้อมูลเหล่านั้นป้อนเข้าโปรแกรมข่ายงานระบบประสาทที่เขียนขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer : PC) จากนั้นโปรแกรมจะแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ออกมาว่า ข้อมูลเป้าหมาย ผลลัพธ์จริงจากการสอน และค่าความผิดพลาด (Sum Squared Error) เป็นเท่าไร

ในกระบวนการสอนเพื่อให้ข่ายงานระบบประสาทสามารถเรียนรู้ได้ดีนั้น สิ่งที่ต้องดำเนินการสำหรับข่ายงานเพอเซปตรอน คือ จะให้ทำการวนซ้ำหลายๆรอบจนกว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้องออกมา ส่วนข่ายงาน Backpropagation นั้น Demuth and Beale (1993) ได้เสนอแนะไว้ใน Neural Network Toolbox User's Guide (1993) ถึงวิธีแก้ปัญหาสำหรับข่ายงานที่ไม่สามารถให้ค่าข้อมูลออกจริงตรงตามข้อมูลเป้าหมายได้ (ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดที่ต้องการคือ 0) ไว้ดังนี้ ค่าโมเมนตัม ซึ่งช่วยไม่ให้ข่ายงานตกอยู่ที่ค่าต่ำสุดเฉพาะที่ กำหนดให้เท่ากับ 0.95 โดยทั่วไปถ้าอัตราส่วนค่าคลาดเคลื่อนใหม่มากกว่าค่าคลาดเคลื่อนเก่า เกินอัตราส่วนที่กำหนดไว้คือ 1.04 ค่าน้ำหนัก ค่าตั้งจุดทำงาน ข้อมูลออก และค่าคลาดเคลื่อนอันใหม่จะถูกยกเลิก ค่าอัตราการเรียนรู้จะถูกทำให้ลดลง โดยการคูณด้วย 0.7 แต่ถ้าค่าคลาดเคลื่อนใหม่น้อยกว่าค่าคลาดเคลื่อนเก่า ค่าน้ำหนัก และค่าอื่นๆอันใหม่จะยังคงอยู่ และค่าอัตราการเรียนรู้จะถูกทำให้เพิ่มขึ้นโดยคูณด้วย 1.05 โดยทุกอย่างดังกล่าวได้กำหนดให้เหมือนๆกันในระหว่างการสอนให้ข่ายงานเรียนรู้ในแต่ละการทดลอง นอกจากนี้จะทำการวนซ้ำหลายๆรอบและปรับอัตราการเรียนรู้ตามพารามิเตอร์ที่ได้กล่าวแล้ว เพื่อให้ได้คำตอบที่มีความผิดพลาด (Sum Squared Error : SSE) ต่ำที่สุด

4.4.2 ถ้าคำตอบที่ได้ยังไม่เป็นที่พอใจ หมายถึง คำตอบที่ได้มีความผิดพลาดมาก จะดำเนินการดังนี้

- ปรับค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในข้อ 4.3.1 และ 4.3.2 ตัวอย่างเช่น เพิ่มจำนวนรอบที่ทำการวนซ้ำ เป็นต้น
- เปลี่ยนชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับเรียนรู้ใหม่
- เปลี่ยนฟังก์ชันการแปลงค่า

4.4.3 เมื่อทำการสอนข่ายงานจนได้คำตอบในระดับที่พอใจ หมายถึงคำตอบมีความผิดพลาดเท่ากับหรือน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้แล้ว ต้องทำการทดสอบ (Testing) ข่ายงานโดยใช้ชุดข้อมูลที่แยกไว้สำหรับการทดสอบ (จากข้อ 4.2.1 และ 4.2.2) เปรียบเทียบค่าความผิดพลาด (SSE) ของการสอนและการทดสอบ โดยยอมให้ SSE ของการสอนและการทดสอบแตกต่างกันได้เล็กน้อย

4.4.4 หากการเปรียบเทียบผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจ คือค่า SSE ของข้อ 4.4.3 ยังไม่ได้ตามข้อกำหนด สามารถทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลเข้า หรือปรับค่าพารามิเตอร์อีกจนกว่าจะได้ความแตกต่างของ SSE ตามเป้าหมาย

4.5 การประเมินผลการสอนให้ข่ายงานระบบประสาทเรียนรู้

การสอนข่ายงานระบบประสาทจะสำเร็จหรือไม่ ข่ายงานเพอเซปตรอนจะดูที่คำตอบที่ได้จากการทดสอบว่าถูกต้องหรือไม่ ส่วนข่ายงาน Backpropagation จะวัดจากค่าความผิดพลาด (SSE) ที่ยอมรับได้จากการสอนเทียบกับค่าความผิดพลาดจากการทดสอบข่ายงาน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ทดสอบข่ายงานระบบประสาทสำหรับงานวิจัยนี้ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลขึ้น โดยข้อมูลส่วนหนึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ภายใต้ภาวะการควบคุม อีกส่วนเป็นข้อมูลที่ออกนอกภาวะการควบคุมในลักษณะเดียวกับชุดข้อมูลสำหรับให้ข่ายงานเรียนรู้ ทั้งนี้ได้คำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการตั้งแต่เริ่มป้อนข้อมูลให้ข่ายงานเรียนรู้ จนกระทั่งป้อนข้อมูลเพื่อทดสอบข่ายงานและได้ผลลัพธ์ออกมา เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในเรื่องเวลาด้วย จากนั้นนำข้อมูลค่าความผิดพลาดจากการสอนและการทดสอบมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนกับค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

4.6 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างข่ายงานระบบประสาทซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ โดยโปรแกรมที่ได้จัดสร้างขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญๆอยู่ 2 ส่วน คือ

4.6.1 ส่วนข้อมูลที่ให้ข่ายงานระบบประสาทเรียนรู้และทดสอบ ได้สร้างไฟล์ชุดข้อมูลสำหรับข่ายงานระบบประสาทในโปรแกรม EXCEL ซึ่งสามารถเรียกได้จากโปรแกรม (*.xls)

4.6.2 ส่วนของโปรแกรมข่ายงานระบบประสาท ซึ่งใช้ในการเรียนรู้และทดสอบเขียนบนโปรแกรม MATHLAB สามารถเรียกได้จากไฟล์ (*.m) และ (*.txt) ตามลำดับ