

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการจำแนกสารตั้งต้นของสารละลาย
Using Artificial Neural Networks for Separating Substract of Solution



H002884

โดย

นายจตุรนต์ อังสุสิงห์

รหัส 43067259

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.วรพจน์ กรีสระเดช

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษาระดับพิเศษ
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วัน เดือน ปี.....	0.2 พ.ค. 2550
เลขทะเบียน.....	02884
เลขเรียกหนังสือ.....	อป. 9.297ก. 2545
"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."	

๒๓๓๖๓๑๖
๒๓๓๖๓๑๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการจำแนกสารตั้งต้นของสารละลาย
นักศึกษา	นายชาตุนต์ อังศุสิงห์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วรพจน์ กรีสระเดช
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

การพัฒนาการจำแนกสารตั้งต้นของสารละลาย โดยทั่วไปจะจำแนกโดยการวัดความไวในการตอบสนองต่อของสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณที่ได้จะมีรูปแบบหรือลักษณะของสัญญาณเฉพาะตัว ในการจำแนกสารละลายที่มีส่วนประกอบมากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไปจะทำให้ลำบากเนื่องจากจำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่ซับซ้อน รวมไปถึงความสามารถของบุคลากรที่มีความชำนาญสูง การนำโครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาใช้ในการจำแนกสารตั้งต้นของสารละลายจึงเป็นอีกแนวทางในการพัฒนา เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมจะใช้หลักการจดจำโดยอาศัยการฝึกสอนแทน

Title	Using Artificial Neural Networks for Separate Substract of Solution
Student	Mr.Jaturon Angsusingha
Advisor	Asst. Prof. Dr.Worapoj Kreesuradej
Level of Student	Master of Science in Information Technology
Major	Information Technology Management
Academic Year	2002

ABSTRACT

The development for separate substract of solution in normal case used effective reaction from ellectrochemical .The electrochemical have specific characteristics of substracts. For separate solution that has many compositions was trouble. It was used complicated equipment and the people have capability and skillful. Artificial neural networks for separate substract of solution was a trend for development. Because it used training method.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาบริหารการสาธารณสุข คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งทางผู้จัดทำมีความพยายามและความมุ่งมั่นในการที่จะทำให้เกิดการพัฒนาแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องในแนวทางของโครงการประชาสัมพันธ์ รายงานฉบับนี้สามารถที่จะสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังต่อไปนี้

- บิดา มารดา อันเป็นที่รักและเคารพเสมอมา ผู้ที่เป็นกำลังใจและเป็นผู้ที่ให้โอกาสทางการศึกษา
- นายธราต อังสุสิงห์ น้องชายอันเป็นที่รักและเป็นแรงผลักดันที่ทำให้มีโอกาสในการศึกษา
- บรรดาคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง โดยเฉพาะ อาจารย์วรพจน์ กรีสระเดช ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำรายงานฉบับนี้
- บรรดาเพื่อนทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้ข้อมูลต่างๆ
- หนึ่งสมองและสองมือที่ยังคงทำงานอย่างซื่อสัตย์ตลอดมา

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณแก่บุคคลดังกล่าวไว้ ณ ที่นี้

จาคูรันต์ อังสุสิงห์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 วิธีในการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. หลักการเคมีไฟฟ้า	
2.1 เคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า	3
2.2 ขั้วไฟฟ้า	3
2.3 โวลแทมเมตรี	4
2.4 แอมแปโรเมตรี	8
3. โครงข่ายประสาทเทียม	
3.1 โครงข่ายประสาทเทียม	10
3.2 หลักการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม	12
3.3 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม	14
3.4 การฝึกสอนและการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม	15
3.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.6 การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม	20
4. ขั้นตอนในการศึกษา	
4.1 ขั้นตอนในการศึกษา	21
4.2 การเตรียมข้อมูล	21
4.3 การประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม	23
4.4 การวิเคราะห์ผล	27
5. บทสรุป	
5.1 สรุปผลการศึกษา	28
5.2 ปัญหาที่พบ	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก	30
ประวัติผู้เขียน	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลที่ได้จากการ Train และ Test โครงข่ายประสาทเทียม	27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 Reference electrode	4
2.2 Working electrode	4
2.3 สัญญาณกระตุ้นที่ใช้ในโวลแทมเมตรีแบบลิเนียร์-แสกน	4
2.4 สัญญาณกระตุ้นที่ใช้ในโวลแทมเมตรีแบบพัลส์	5
2.5 สัญญาณกระตุ้นแบบNPV	5
2.6 กระแสตอบสนองแบบNPV	6
2.7 สัญญาณกระตุ้น แบบDPV	6
2.8 กระแสตอบสนองแบบDPV	7
2.9 สัญญาณกระตุ้นแบบSWV	7
2.10 สัญญาณกระตุ้นแบบSWV	8
2.11 สัญญาณกระตุ้นแบบ PAD	8
2.12 สัญญาณกระตุ้นแบบDPSV	9
3.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์ประสาท	10
3.2 แบบจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม	11
3.3 Binary Step Function	12
3.4 Bipolar Step Function	13
3.5 Binary Sigmoid Function	13
3.6 Bipolar Sigmoid Function	13
3.7 การเชื่อมต่อระหว่างชั้นต่างๆ	14
3.8 การทำงานของชั้นต่างๆ	15
3.9 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ	18
3.10 โครงข่ายประสาทเทียมกับการจำแนกสารตั้งต้น	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	หน้าจอกำหนดขนาดของโครงข่ายประสาทเทียม	23
4.2	โครงข่ายประสาทเทียมที่ได้มาจากการกำหนด	24
4.3	หน้าจอกำหนดแหล่งที่มาของข้อมูลและ Target	24
4.4	หน้าจอกำหนดค่าพารามิเตอร์	25



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การที่จะควบคุมคุณภาพของผลไม้ให้มีมาตรฐานเหมาะสมแก่การเก็บเกี่ยวหรือจำหน่าย จำเป็นที่จะต้องทราบระดับความสุกของผลไม้ให้อยู่ในระดับเดียวกัน ระดับความสุกของผลไม้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ความหอม สี สัน หรือกระทั่งขนาดของผลไม้เป็นต้น แต่องค์ประกอบที่ยอมรับกันมากที่สุดได้แก่รสชาติ ซึ่งรสชาติของผลไม้เกิดจากระดับของสารเคมีต่างๆที่อยู่ในผลไม้ ดังนั้นหากเราสามารถจำแนกสารเคมีเหล่านี้ได้ ก็จะสามารถทราบถึงระดับความสุกของผลไม้ได้ดังกล่าว นำมาซึ่งความต้องการที่จะแยกแยะค่าความเข้มข้นและสัดส่วนของสารตั้งต้นหลายชนิด ที่ผสมเป็นสารละลายเดียวกันให้ได้เสียก่อน

ในปัจจุบันนี้ ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์วัดความเข้มข้นของสารละลายโดยใช้หลักการเคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า และได้มีการนำมาใช้วัดระดับความเข้มข้นของสารตั้งต้นแต่ละชนิด แต่แนวทางในการพัฒนามักเน้นในด้านความจำเพาะเจาะจงของสารและความสามารถในการตรวจสอบสารปริมาณต่ำๆ โดยพยายามให้ความไวในการตอบสนองต่อความเข้มข้นในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้ามีค่ามากๆ เป็นหลัก เพื่อให้มีความแม่นยำในการวัดต่อการวัดแต่ละครั้งสูง หรือพัฒนารูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่สารละลาย เพื่อให้ผลตอบสนองทางไฟฟ้าของสารละลายแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัว แต่ก็ต้องเมื่อทำการวัดสารตั้งต้นเพียงชนิดเดียวเท่านั้น เนื่องจากหากในสารละลายมีส่วนผสมของสารตั้งต้นมากกว่าหนึ่งชนิด ผลตอบสนองจะคาดเดาได้ยาก

ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เป็นระบบที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจำแนกสัดส่วนความเข้มข้นของสารละลายมีส่วนผสมของสารตั้งต้นมากกว่าหนึ่งชนิด เนื่องจากเป็นระบบโครงข่ายที่มีการเรียนรู้และจดจำลักษณะของสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยการฝึกสอน (Learning and Training) ด้วยลักษณะเฉพาะตลอดจนทิศทาง การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแต่ละแบบเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ซึ่งในที่นี้เปรียบเสมือนฟังก์ชันที่ใช้ในการแปลงข้อมูล และหากเราฝึกสอนระบบโครงข่ายประสาทให้เรียนรู้ผลตอบสนองที่แปรเปลี่ยนไปตามสัดส่วนความเข้มข้นของสารละลายมีส่วนผสมของสารตั้งต้นหลายชนิดได้ เมื่อนำระบบโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้งานก็จะสามารถทำนายความเข้มข้นของสารตั้งต้นแต่ละชนิดได้เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษานี้จะเริ่มจากเลือก น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลฟรุกโทส เป็นชนิดของสารตั้งต้นที่สนใจเนื่องจากน้ำตาลสามชนิดนี้มักจะพบมากในผลไม้ทั่วไป และน้ำตาลทั้งสามชนิดนี้ต่างก็มีระดับของความหวานแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและลักษณะเฉพาะของรสชาติของน้ำตาลแต่ละชนิด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณ หรือความเข้มข้นของสารตั้งต้น
2. เพื่อศึกษาทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม และนำมาใช้ในการจำแนกชนิดและความเข้มข้นของสารตั้งต้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ออกแบบระบบ โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการจำแนกสัญญาณเคมีไฟฟ้า และวิเคราะห์หาปริมาณ หรือความเข้มข้นของสารตั้งต้นสามชนิดได้
2. จำแนกความเข้มข้นของสารตั้งต้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทดสอบและสรุปประสิทธิภาพของการใช้โครงข่ายประสาท เพื่อการแยกความเข้มข้นสารตั้งต้น

1.4 วิธีในการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีเกี่ยวกับเคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า และทำการทดลองเทคนิคการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการวัดความเข้มข้นของสารละลาย
2. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการจำแนกชนิดและความเข้มข้นได้
3. ออกแบบและทดลอง Simulation โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อจำแนกสัญญาณที่ได้จากกระบวนการเคมีไฟฟ้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. จำแนกสัญญาณเคมีไฟฟ้าโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมได้
2. จำแนกชนิดและความเข้มข้นของสารตั้งต้นสามชนิด ที่ผสมเป็นสารละลายเดียวกัน ได้
3. นำไปใช้เป็นต้นแบบในงานวิจัยอื่น หรือพัฒนาเป็นเครื่องมือวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการเคมีไฟฟ้า

2.1 เคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า

เป็นการนำหลักการทางเคมีไฟฟ้า มาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณ หรือความเข้มข้นของสารที่ต้องการ โดยวิธีวิเคราะห์จะเกี่ยวข้องกับการวัดการตอบสนองทางไฟฟ้าของสารตัวอย่าง อันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารนั้น

ในการทำเคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า ต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญอย่างน้อยที่สุด 3 ส่วนคือ ส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีที่สามารถนำกระแสได้ ส่วนของขั้วไฟฟ้า (Electrode) ซึ่งเป็นตัวที่ต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์การวัด และสารละลาย และส่วนสุดท้ายคือ อุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งอาจเป็นแรงดันทางไฟฟ้า หรือกระแส

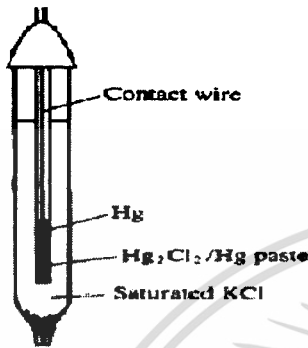
จากการที่ส่วนประกอบของการทำเคมีวิเคราะห์ดังกล่าว ต้องมีอุปกรณ์เครื่องมือเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอ ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือขั้วไฟฟ้า ลักษณะเฉพาะของเคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า คือสามารถใช้วิธีการทางไฟฟ้าในการควบคุมขอบข่าย และทิศทางของการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ส่วนของสัญญาณทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องมักอยู่ในระดับที่ต่ำมาก ๆ

เทคนิคของการวิเคราะห์โดยหลักการทางเคมีไฟฟ้า เป็นการให้สัญญาณไฟฟ้าหนึ่งๆ แก่สารตัวอย่าง แล้ววัดค่าพารามิเตอร์อื่นทางไฟฟ้าของสารละลายที่แตกต่างกันออกไป ทำให้เกิดเป็นเทคนิควิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น โวลแทมเมตรี แอมแปโรเมตรี เป็นต้น

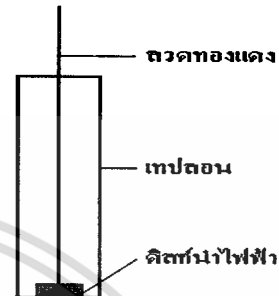
2.2 ขั้วไฟฟ้า (Electrodes)

เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์การทำเคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ต่อเชื่อมระหว่างสารละลาย และอุปกรณ์วัดสัญญาณไฟฟ้า ในการจัดการวิเคราะห์หนึ่งๆ เพื่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจำเป็นต้องมีขั้วไฟฟ้าอย่างน้อย 2 ขั้ว คือ ขั้วแอโนด และขั้วแคโทด โดยขั้วไฟฟ้าหนึ่งจะถูกใช้เป็นขั้วที่ต่อให้ครบวงจรไฟฟ้า มักถูกต่อไว้ทางด้านแอโนด เรียกขั้วไฟฟ้านี้ว่า ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference electrode) แสดงในรูปที่ 2.1 ลักษณะเฉพาะของขั้วไฟฟ้าอ้างอิงคือ ค่าแรงดันไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้ามีค่าเฉพาะไม่แปรตามการไหลของกระแสในวงจร การเปลี่ยนแปลงใดๆในสารละลาย

อันเป็นผลการเกิดปฏิกิริยาของสารตัวอย่าง จะไปมีผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าของอีกขั้วไฟฟ้าหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทดของเซลล์ เรียกชื่อว่าขั้วไฟฟ้าใช้งาน(Working electrode) แสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 Reference electrode

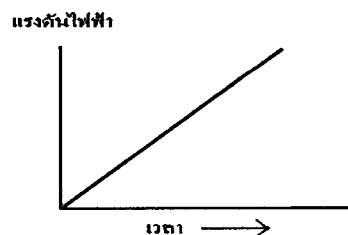


รูปที่ 2.2 Working electrode

ในบางเทคนิควิเคราะห์จำเป็นต้องมีขั้วไฟฟ้าต่อเข้ากับวงจร 3 ขั้ว ในเทคนิคการวิเคราะห์โวลแทมเมตรี เรียกขั้วไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมานี้ว่า ขั้วไฟฟ้าช่วย (Common electrode) มีลักษณะคล้ายกับขั้วไฟฟ้าใช้งาน หน้าที่ของขั้วไฟฟ้าช่วยคือ เป็นผู้ช่วยในการส่งผ่านอิเล็กตรอนหรือกระแสไปยังขั้วไฟฟ้าใช้งาน โดยไม่ต้องผ่านขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ของวงจร

2.3 โวลแทมเมตรี (Voltammetry)

เป็นชื่อรวมของกลุ่มวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าที่ข้อมูลของการวิเคราะห์ กลุ่มวิเคราะห์นี้เกิดจากการพัฒนาดัดแปลงวิธีการในการบันทึกแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ต่างกันไป ถ้าถือว่าแรงดันไฟฟ้าที่ให้กับวงจรในช่วงระยะเวลาหนึ่งเป็นเสมือนสัญญาณกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและเกิดการไหลของกระแสสัญญาณกระตุ้นที่ต่างกันไปทำให้เกิดการตอบสนองของกระแสที่ต่างกัน

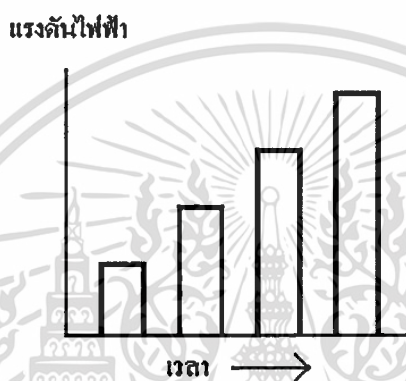


รูปที่ 2.3 สัญญาณกระตุ้นที่ใช้ใน โวลแทมเมตรีแบบลิเนียร์-สแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 พัลส์ โวลแทมเมตรี (Pulse voltammetry)

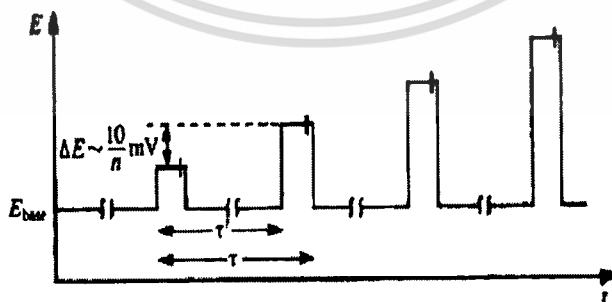
เป็นกลุ่มเทคนิควิธีวิเคราะห์โวลแทมเมตรี ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยการปรับปรุงด้านสัญญาณกระตุ้น จากเดิมเป็นลิเนียร์-แสกน ซึ่งประสบปัญหาด้านการใช้เวลาต่อการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน และมีขีดความสามารถในการวิเคราะห์ต่ำ มาเป็นการให้สัญญาณกระตุ้นเป็นพัลส์ แบบสัญญาณพัลส์ และยังมีการพัฒนาปรับปรุงไปอีกหลายรูปแบบ



รูปที่ 2.4 สัญญาณกระตุ้นที่ใช้ในโวลแทมเมตรีแบบพัลส์

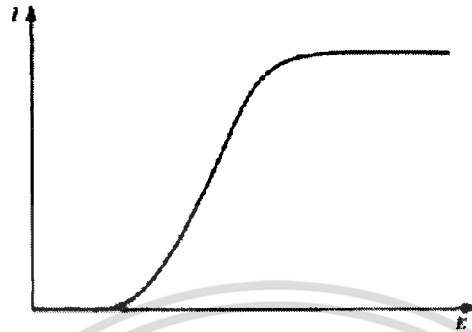
2.3.2 Normal pulse voltammetry (NPV)

เป็นการให้แรงดันกับขั้วไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้นประมาณ 40-60 ms มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงกับเวลา (ทั่วไปประมาณ 2 mV s^{-1}) และวัดค่ากระแสก่อนที่ถึงสิ้นสุดแต่ละพัลส์



รูปที่ 2.5 สัญญาณกระตุ้นแบบNPV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



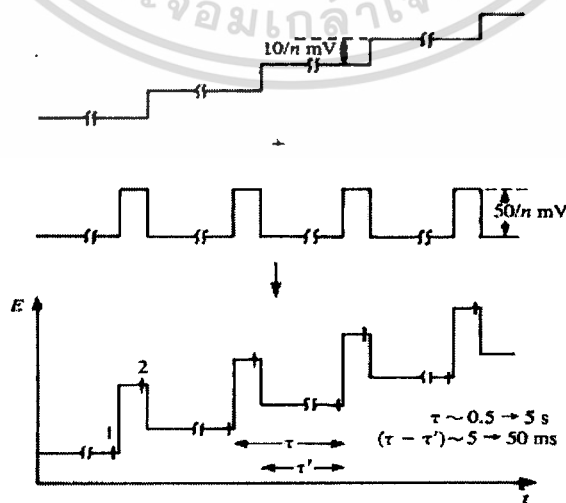
รูปที่ 2.6 กระแสตอบสนองแบบNPV

2.3.2 Differential pulse voltammetry (DPV)

สัญญาณกระตุ้นในลักษณะของคิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่คล้ายกับ NPV ทว่าสิ่งที่แตกต่างกันมีสองประการคือ

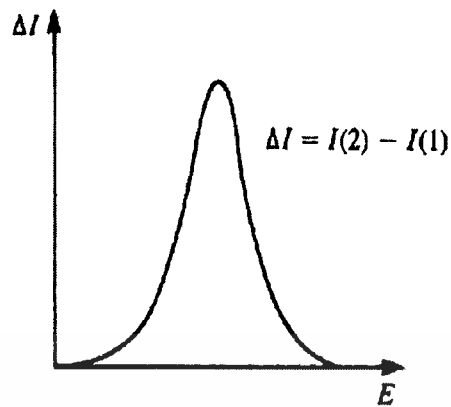
- แรงดัน Base แต่ละพัลส์มีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ
- กระแสตอบสนองถูกวัดสองครั้ง ครั้งแรก $I(1)$ ที่ก่อนจะเพิ่มแรงดันของแต่ละพัลส์ ครั้งที่สอง $I(2)$ ก่อนจะสิ้นสุดแต่ละพัลส์

ค่าผลต่างของกระแสที่วัดได้ จะถูกบันทึกตามการเพิ่มแรงดันของการสแกน



รูปที่ 2.7 สัญญาณกระตุ้นแบบDPV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

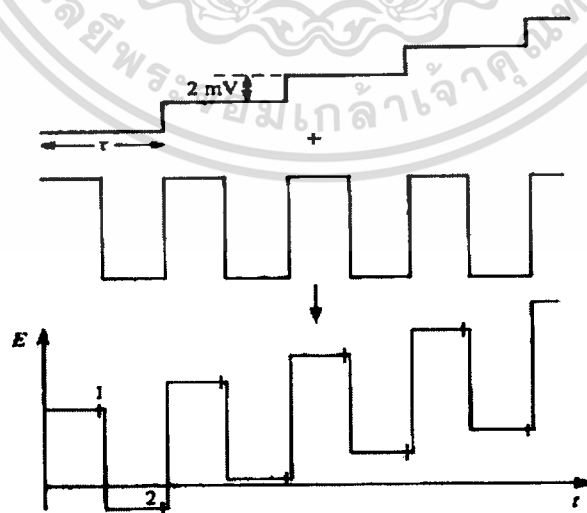


รูปที่ 2.8 กระแสตอบสนองแบบDPV

2.3.3 Square-wave voltammetry (SWV)

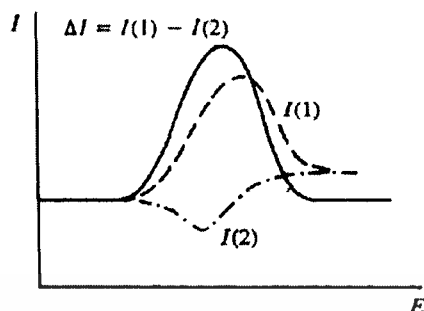
เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่มีสัญญาณกระตุ้นเป็นลักษณะของการรวมสัญญาณขั้นบันได และสัญญาณสแควร์เวฟเข้าด้วยกัน นั่นคือเราจะได้สัญญาณสแควร์เวฟที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นลำดับ

การป้อนสัญญาณกระตุ้นแบบ SWV จะลดเวลาที่ใช้ในการวัดได้มากกว่าเนื่องจาก NPV และ DPV ควรใช้ความเร็วในการสแกนไม่เกินช่วง $1-10 \text{ mV s}^{-1}$ ส่วน SWV สามารถใช้ความเร็วในการสแกนได้ถึง 1 V s^{-1}



รูปที่ 2.9 สัญญาณกระตุ้นแบบSWV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



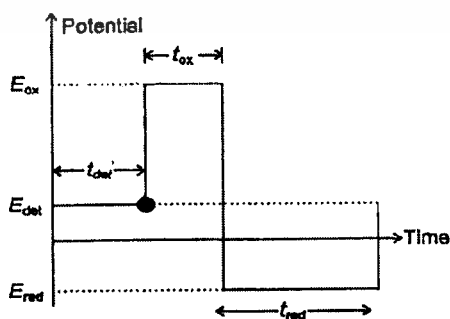
รูปที่ 2.10 กระแสตอบสนองแบบ SWV

2.4 แอมแปโรเมตรี (Amperometry)

เป็นเทคนิควิธีวิเคราะห์ที่ประยุกต์หลักการของโวลแทมเมตรี โดยให้แรงดันไฟฟ้าที่คงที่แก่ขั้วไฟฟ้าจุลภาค ที่เพียงพอในการทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารตัวอย่างที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าได้ วัดค่ากระแสที่ค่าต่างๆ ของความเข้มข้นของสารตัวอย่างนั้น ค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่ที่ให้กับวงจรได้มาจากแรงดันไฟฟ้าบนโวลแทมโมแกรมของสารตัวอย่าง ที่บริเวณซึ่งกระแสจำกัดมีค่าแปรไปตามความเข้มข้นของสารที่เกิดปฏิกิริยานั้น

2.4.1 Pulse amperometry detection (PAD)

เป็นการพัฒนาขึ้นมาจากการวิเคราะห์แบบ amperometry เพื่อที่จะกำหนดระดับแรงดันคงที่ที่ใช้วัดความเข้มข้น ของสารละลาย และสามารถที่จะลดการเกาะติดของสารบนผิวหน้าที่ขั้วไฟฟ้าโดยเพิ่มช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันเข้ามา แต่ปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจทำให้เกิดออกไซด์ขึ้นแทนที่ จึงต้องเพิ่มช่วงเวลารีดักชันเข้ามาอีกเพื่อกำจัดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้

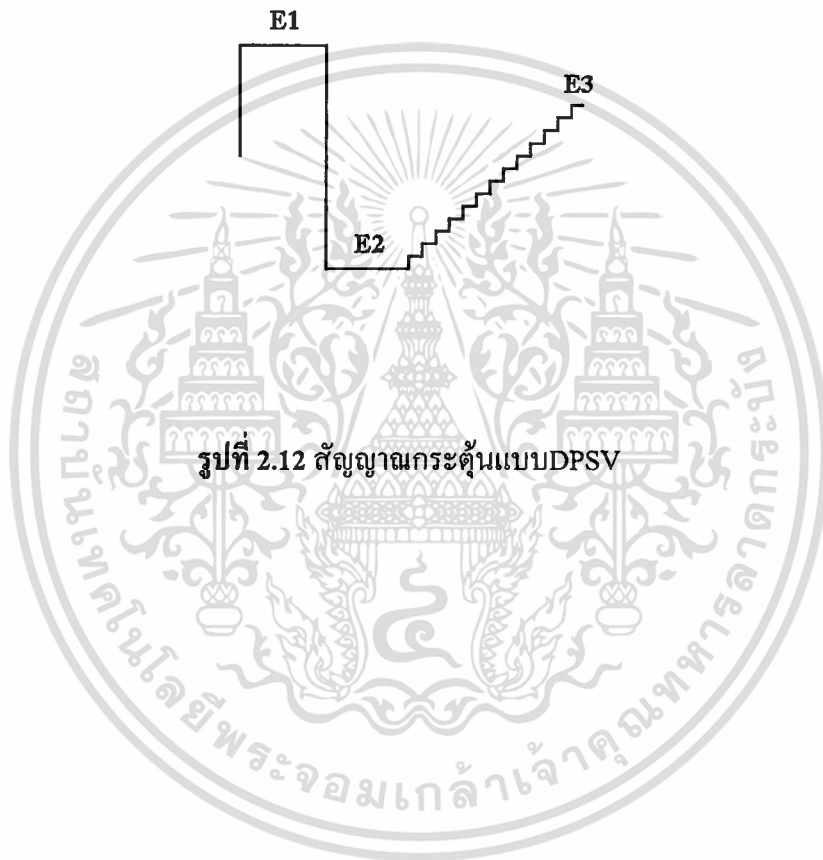


รูปที่ 2.11 สัญญาณกระตุ้นแบบ PAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 Dual pulse staircase voltammetry (DPSV)

เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่รวมเอาจากเทคนิควิเคราะห์แบบโวลแทมเมตรี กับการวิเคราะห์แบบ PAD เข้าด้วยกัน ผลที่ได้คือความสามารถในการตอบสนองของกระแสที่จุดต่างๆของแรงดันไฟฟ้า และคุณสมบัติในการลดการเกาะติดของสารบนผิวหน้าที่ขั้วไฟฟ้าได้ด้วย



รูปที่ 2.12 สัญญาณกระตุ้นแบบDPSV

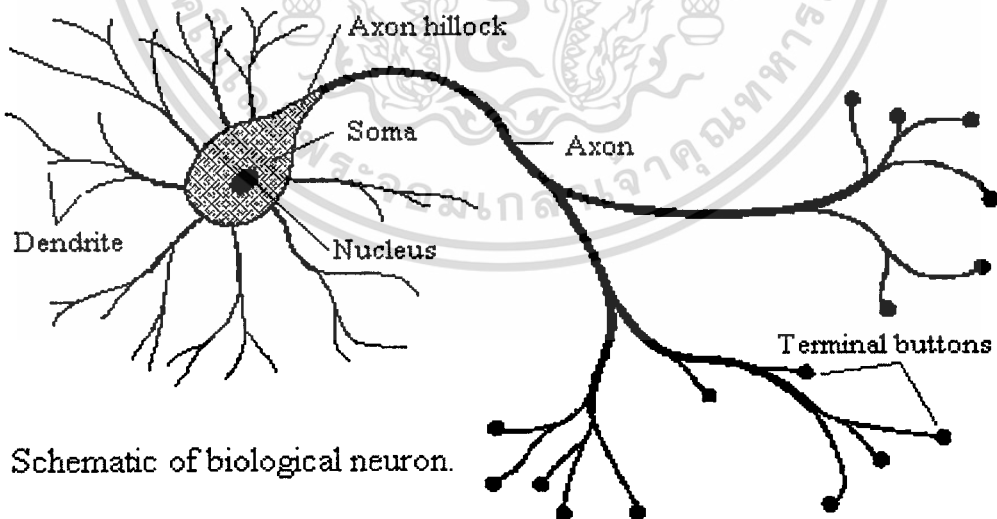
บทที่ 3

โครงข่ายประสาทเทียม

3.1 ความรู้เบื้องต้นของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า Neural Networks เป็นสาขาหนึ่งของ Artificial Intelligent โดยมีหลักการมาจากการจำลองการทำงานของระบบเซลล์ประสาทของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปโครงสร้างของเซลล์ประสาทของสิ่งมีชีวิตจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนที่สำคัญคือ

1. เซลล์ประสาท (Soma)
2. เส้นใยรับสัญญาณ (Dendrite)
3. เส้นใยส่งสัญญาณ (Axon)
4. จุดเชื่อมต่อเซลล์ประสาท (Synapse)

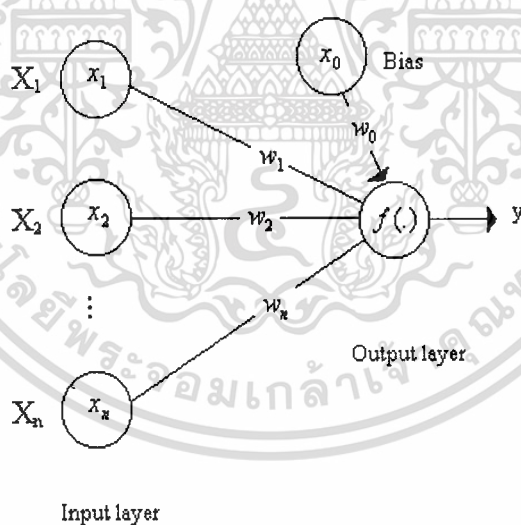


รูปที่ 3.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์ประสาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่มีหลักการทำงานโดยเส้นใยรับสัญญาณจะรับกระแสประสาทจากเส้นใยส่งสัญญาณของเซลล์ประสาทอื่นผ่านทางจุดเชื่อมต่อของเซลล์ประสาท แล้วเส้นใยรับสัญญาณจะทำการรวบรวมกระแสประสาทส่งผ่านไปยังตัวเซลล์ประสาท ถ้ากระแสประสาทที่ส่งมามีระดับที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลง ตัวเซลล์ประสาทก็จะส่งกระแสประสาทผ่านไปยังเส้นใยส่งสัญญาณไปยังเซลล์ประสาทอื่นต่อไปโดยส่งผ่านจุดเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทซึ่งจุดเชื่อมต่อ โดยในการส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท ทำได้โดยการที่จุดเชื่อมต่อจะทำการถ่ายเทสารประกอบของโซเดียมและโพแทสเซียม และนอกจากนี้จุดเชื่อมต่อยังมีหน้าที่ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือการแปลงกระแสประสาทที่ทำการส่งกันระหว่างเซลล์ประสาทอีกด้วย

จากการทำงานของเซลล์ประสาทดังที่ได้กล่าวมานั้นไม่ได้เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว แต่เกิดขึ้นมาจากเซลล์ประสาทจำนวนมากที่มาเชื่อมต่อกันภายในสิ่งมีชีวิต จึงทำให้สามารถจะเรียนรู้ และทำงานที่ซับซ้อนได้ จากหลักการทำงานของเซลล์ประสาทของสิ่งมีชีวิตที่ได้กล่าวมานั้นสามารถที่จะนำมาสร้างเป็นแบบจำลองได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

จากรูปที่ 3.2 หากนำมาเปรียบเทียบกับการทำงานของเซลล์ประสาทแล้ว โครงข่ายประสาทเทียม มีหลักการที่คล้ายกับการทำงานของเซลล์ประสาท แต่มีหลักการการทำงานที่ง่ายกว่าโดยที่จะมีส่วนที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลที่เรียกว่า Neuron ซึ่งเปรียบเสมือนกับ เซลล์ประสาท โดยที่ Neuron หนึ่งๆสามารถที่จะมี Input ได้มากกว่าหนึ่ง Input และแต่ละ Input จะมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

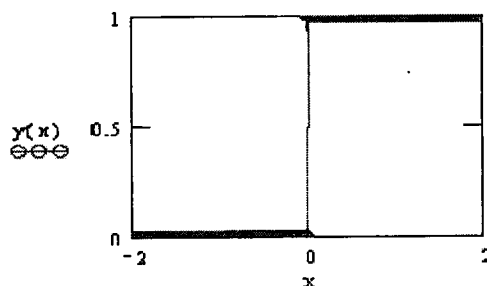
Weight ที่เป็นตัวกำหนดกำลังของการติดต่อ ซึ่งเปรียบเสมือนกับหลักการทำงานของจุดเชื่อมต่อ เซลล์ประสาทที่ทำการส่งกระแสประสาทไปยังเส้นใยรับสัญญาณ เมื่อ Neuron ได้รับ Input แล้วก็ทำการประมวลผล และส่งออกมาเป็น Output ส่งไปยัง Neuron อื่นๆเพื่อเป็น Input ต่อไป โดยในการส่ง Output จะเปรียบเสมือนกับการที่เซลล์ประสาทส่งกระแสประสาทผ่านทางเส้นใยสัญญาณและส่งไปยังเซลล์ประสาทอื่นๆโดยผ่านจุดเชื่อมต่อเซลล์ประสาท

ในการทำงานของ Neuron ค่า Output จะมีเพียงค่าเดียวเท่านั้น และค่าถ่วงน้ำหนัก อาจจะถูกกำหนดมาอย่างตายตัวไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้แต่บาง Neuron ค่าถ่วงน้ำหนัก สามารถที่จะปรับปรุงได้ ซึ่งการปรับปรุงนี้อาจเกิดขึ้นขึ้นมาจากภายนอกโครงข่ายหรือ Neuron ทำการปรับปรุงด้วยตัวของมันเองก็เป็นได้ ซึ่งในจุดนี้เองที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเรียนรู้และจดจำของโครงข่ายประสาทเทียมนั่นเอง

3.2 หลักการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม

ในการประมวลผลของ Neuron จะมี Function ต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย Function เหล่านี้คือ Activation Function ซึ่งเป็น Function ที่ช่วยในการประมวลผลเป็นผลลัพธ์ในรูปแบบของการไขปัญหาต่างๆ ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ ที่สามารถพิสูจน์ได้ Activation Function ที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถที่จะนำมาช่วยในการแก้ไขปัญหาก็ได้ แต่ไม่สามารถที่จะระบุถึงลักษณะของ Activation Function ที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหาก็ได้ เนื่องจากลักษณะเฉพาะของปัญหา ลักษณะของโครงข่ายที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการเลือกใช้ Activation Function จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสม จำนวนของข้อมูลรวมไปถึงข้อจำกัดของข้อมูลที่จะนำมาประมวลผล เพื่อที่จะให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

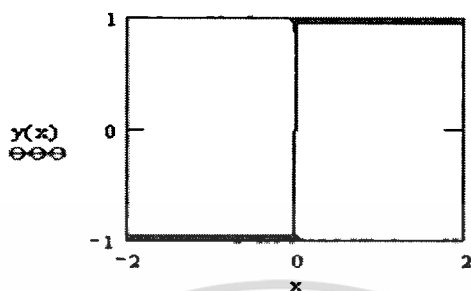
$$y(x) = \begin{cases} \text{temp} - 1 & \text{if } x > 0 \\ \text{temp} - 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



รูปที่ 3.3 Binary Step Function

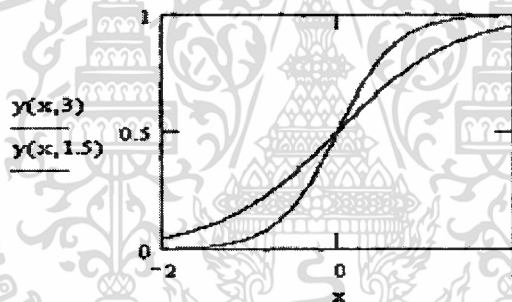
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y(x) := \begin{cases} \text{temp} - 1 & \text{if } x > 0 \\ \text{temp} + 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$



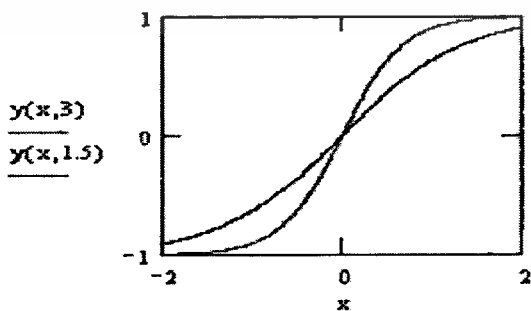
รูปที่ 3.4 Bipolar Step Function

$$y(x, \sigma) := \frac{1}{1 + \exp(-\sigma \cdot x)}$$



รูปที่ 3.5 Binary Sigmoid Function

$$y(x, \sigma) := \frac{\exp(\sigma \cdot x) - 1}{1 + \exp(-\sigma \cdot x)}$$



รูปที่ 3.6 Bipolar Sigmoid Function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม

สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

- Feed-forward Networks
- Feedback Networks
- Backpropagation Networks

ซึ่งทั้ง 3 แบบที่แตกต่างกันที่ลักษณะของการเชื่อมต่อ

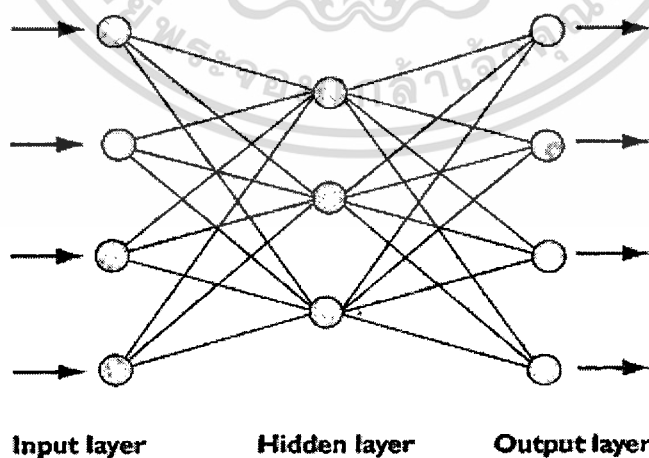
สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม ที่เป็นแบบมาตรฐานของเพอร์เซพตรอนหลายชั้น โดยที่จะมีลักษณะหลักดังต่อไปนี้

1. จำนวนชั้นต่างๆของโครงข่ายประสาทเทียม จะประกอบไปด้วย

- Input layer
- Output layer
- Hidden layer

2. การเชื่อมต่อระหว่างชั้นต่างๆ

การเชื่อมต่อระหว่างชั้นต่าง ๆ นั้น ทุกๆ neuron ใน Input layer จะทำการส่งข้อมูลออกไปยัง ทุกๆ neuron ที่อยู่ใน Hidden layer ชั้นแรกและทุกๆ neuron ใน Hidden layer ชั้นแรกก็จะทำการส่ง Output ไปยังทุกๆ neuron ใน Hidden layer ถัดไปจะไปถึงยัง Hidden layer ในชั้นสุดท้าย ทุกๆ neuron ของ Hidden layer จะทำการส่ง Output ไปยัง ทุกๆ neuron ของ Output layer

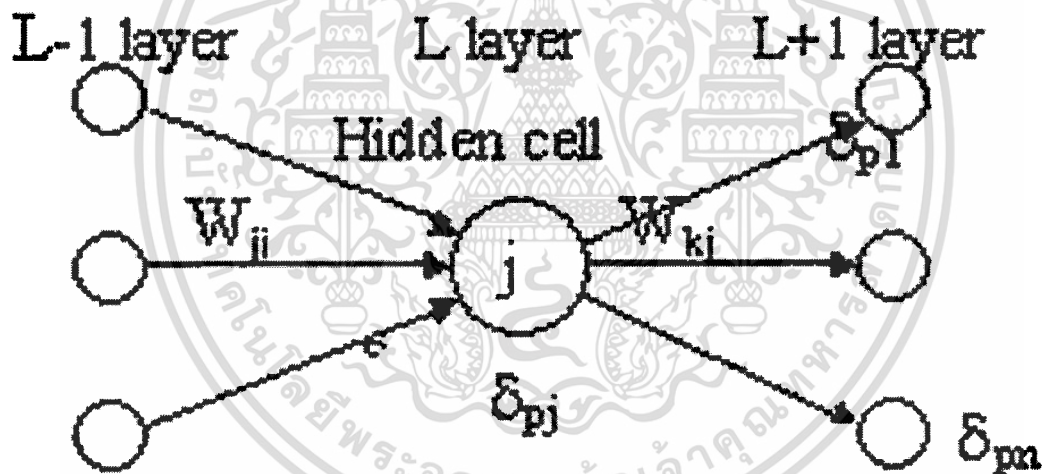


รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อระหว่างชั้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทำงานของชั้นต่างๆ

ในการทำงานของชั้นต่างๆจะเริ่มต้นก็ต่อเมื่อ Input layer ได้รับข้อมูล ซึ่งใน Input layer นี้จะไม่มีการทำหน้าที่ในการประมวลผลแต่อย่างใดเนื่องจากไม่ Activation Function อยู่ภายในแต่จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลที่เข้ามาแล้วจึงทำการกระจายออกไปยัง Hidden layer ที่อยู่ถัดไปโดย Input ที่ส่งออกมาจะมี ค่าถ่วงน้ำหนัก ของตัวมันเองและถูกส่งไปยัง Activation Function ที่อยู่ใน Hidden layer เมื่อทำการประมวลผลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะส่ง Output ที่ได้จากการประมวลผลยังทุกๆ neuron ใน Output layer โดยที่ Output ที่ถูกส่งมาก็จะเป็น Output ของโครงข่ายประสาทเทียม คิว



รูปที่ 3.8 การทำงานของชั้นต่างๆ

3.4 การฝึกสอนและการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

ในการที่จะนำโครงข่ายประสาทเทียม ไปใช้ประยุกต์ในการประมวลผลใดๆตาม จำเป็นจะต้องทำการฝึกสอน ให้ โครงข่ายประสาทเทียมได้ทำการเรียนรู้ (Learning or Training) เสียก่อน เนื่องมาจากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม จะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนัก และการฝึกสอนก็คือการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมให้แก่โครงข่ายประสาทเทียมนั้นเองในการฝึกสอนนั้นสามารถที่จะจำแนกออกเป็น 2 วิธีการได้ดังต่อไปนี้

1. การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)
2. การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

การเรียนรู้แบบมีผู้สอน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการบอกให้โครงข่ายประสาทเทียม รู้ถึง Input และ Output ที่ต้องการ ซึ่งสิ่งที่สำคัญในการเรียนรู้แบบมีผู้สอนคือ การเปรียบเทียบหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียมในแต่ละครั้ง กับค่า Output ที่ต้องการเพื่อนำมาทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก โดยจะทำการเรียนรู้และทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักจนกระทั่งค่า Output ที่ได้จากการประมวลผลใกล้เคียงกับค่า Output ที่ต้องการหรือจะดูจากค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจนเป็นที่ยอมรับได้ จึงจะทำการหยุดการเรียนรู้ ซึ่งวิธีการเรียนรู้แบบมีผู้สอนมักจะนำไปประยุกต์ใช้ในการประมวลผลที่สามารถจะรู้คำตอบได้อย่างชัดเจน

2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนจะนำไปประยุกต์ใช้กับการประมวลผลที่ไม่สามารถจะรู้คำตอบที่แน่นอน ในการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการนี้ สิ่งที่จะต้องทำการบอกให้กับ โครงข่ายประสาทเทียม ได้รู้จะมีเพียงแค่ Input เท่านั้น ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการประมวลผลในการหาความสัมพันธ์ที่มีอยู่ในเซตของ Input และทำการแยก Input ตามความแตกต่างของค่าถ่วงน้ำหนักที่เกิดขึ้นไปเก็บไว้ที่ Output ของแต่ละ Neuron ของโครงข่ายประสาทเทียม

3.5. โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของสถาปัตยกรรมแบบ Multilayer Feed-forward Networks โดยที่มีจำนวนของโครงข่ายมากกว่า 2 ชั้น และมีการเชื่อมโยงระหว่างชั้นแบบฟูลลี่ (Fully connected) นอกจากนี้แล้วโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับยังสามารถที่จะประยุกต์ใช้กับ ใช้งานต่างๆ ได้อย่างสะดวกและเป็นที่ยอมรับเนื่องมาจากการที่สามารถจะลดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นลงได้ โดยอาศัยการปรับแต่งค่าถ่วงน้ำหนัก ในแต่ละ Input ของแต่ละ neuron

หลักการในการฝึกหัดให้โครงข่ายประสาทเทียมโดยอาศัยหลักการแพร่ย้อนกลับ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

1. ทำการแพร่สัญญาณจาก Input layer ไปยัง Hidden layer ชั้นแรก และแพร่สัญญาณไปยัง Hidden layer ชั้นต่อไป จนถึง Output layer โดยอาศัย Activation Function
2. คำนวณค่าความผิดพลาดของค่า Output กับค่าของเป้าหมาย และแพร่ย้อนกลับค่าความผิดพลาดเหล่านี้ไปยัง Hidden layer
3. ปรับแต่งค่าถ่วงน้ำหนัก ที่ Output layer และ Hidden layer เพื่อลดค่าความผิดพลาดให้ใกล้เคียงกับหรือเท่ากับค่า Output ที่ต้องการ

วิธีการฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียมโดยกำหนดค่าดังต่อไปนี้

x = Input node

s_m = Output ของ Hidden layer ก่อนทำการปรับค่า Activation เป็น y_m

y_m = Output ของ Hidden layer หลังทำการปรับค่าของ node ที่ m มีทั้งหมด M node

v_j = Output ของ Output layer ก่อนทำการปรับค่า Activation เป็น z_j

z_j = Output ที่ได้ทำการปรับค่าแล้วของ Output layer

t_j = Output ที่ต้องการที่ Output layer

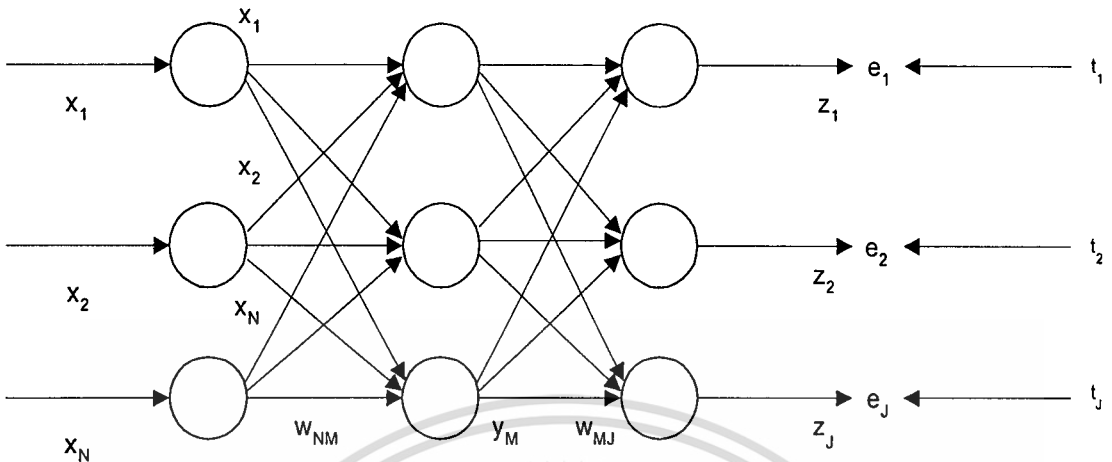
w_{nm} = Weight ของเส้นเชื่อมระหว่าง Input layer กับ Hidden layer

w_{mj} = Weight ของเส้นเชื่อมระหว่าง Hiddenput layer กับ Output layer

η = อัตราการเรียนรู้ โดยปกติค่านี้จะเป็นค่าบวกและมีค่าน้อยกว่า 1

q = จำนวนชุดของข้อมูลตัวอย่าง มี Q เป็นตัวกำหนด

$e^{(q)}$ = ค่าผิดพลาดของข้อมูลตัวอย่าง



รูปที่ 3.9 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

1. กำหนดจำนวนของ Input node(N), จำนวนOutput node (J), จำนวนnode ของ Hidden layer node (M)
2. ตั้งค่าพารามิเตอร์ของอัตราการเรียนรู้ (η)
3. กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้นให้กับทุกๆเส้นในโครงข่ายประสาทเทียม
4. รับค่า Input ของข้อมูลชุดแรก เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า Output ของโครงข่ายประสาทเทียม
5. คำนวณค่า Input ของชุดที่จะทำการคำนวณหาค่า Output ของ Hidden layer ออกมา แล้วจึงทำการคำนวณค่าOutput ของ Hidden layer ก่อนทำการปรับค่าด้วย Activation Function ค่า Output ของ Hidden layer ก่อนทำการปรับค่า มีสมการดังนี้

$$s_m = \sum_{n=1}^N x_n * w_{nm}$$

ค่า Output ของ Hidden layer หลังทำการปรับค่า มีสมการดังนี้

$$y_m = f(s_m)$$

Activation Function ที่ใช้ปรับค่า f(x) มีสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คำนวณค่า Output ของ Output layer ก่อนทำการปรับค่า มีสมการดังนี้

$$v_j = \sum_{m=1}^M y_m * w_{mj}$$

ค่า Output ของ Output layer หลังทำการปรับค่า มีสมการดังนี้

$$z_j = f(v_j)$$

7. นำ Output ที่ได้ กับ Output ที่ต้องการ มาหาค่าความผิดพลาดของข้อมูล ถ้าค่าผิดพลาดของข้อมูลน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ทำการรับข้อมูลชุดต่อไป แต่ถ้ายอมรับไม่ได้ ให้ทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักแล้วทำการรับข้อมูลของชุดถัดไปแล้วจึงกลับไปทำ ข้อ 5 แต่ถ้าเป็นข้อมูลชุดสุดท้ายทำข้อ 8

ค่าความผิดพลาดในแต่ละชุดของข้อมูลตัวอย่าง มีสมการดังนี้

$$e^{(q)} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J (t_j - z_j)^2$$

การปรับค่าถ่วงน้ำหนัก มีสมการดังนี้

$$w_{mj}^{(r+1)} = w_{mj}^{(r)} + \eta (t_j^{(q)} - z_j^{(q)}) * [z_j^{(q)} (1 - z_j^{(q)})] * y_m^{(q)}$$

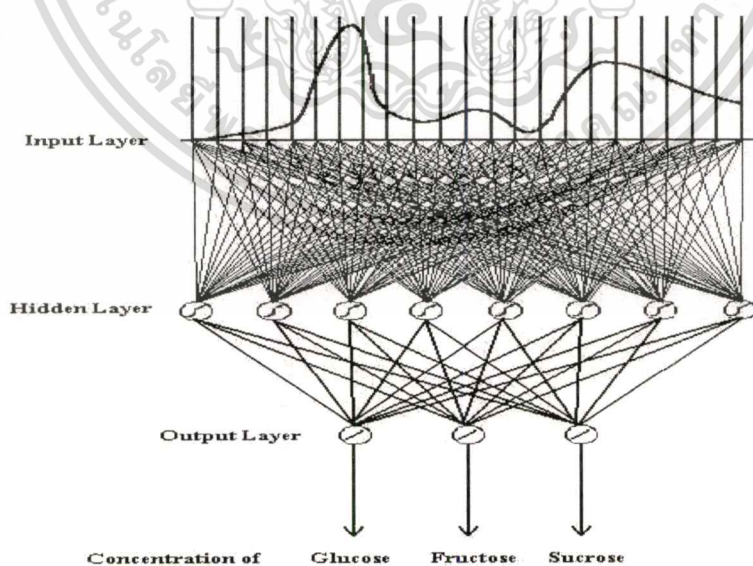
$$w_{nm}^{(r+1)} = w_{nm}^{(r)} + \eta \left\{ \sum_{j=1}^J (t_j^{(q)} - z_j^{(q)}) [z_j^{(q)} (1 - z_j^{(q)})] w_{mj}^{(r)} \right\} * [y_m^{(q)} (1 - y_m^{(q)})] x_n^{(q)}$$

8. นำค่าผิดพลาดของชุดข้อมูลแต่ละชุดมารวมกัน แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าผลลัพธ์ของทุกๆ ข้อมูลในแต่ละรอบนั้นมีค่าน้อยกว่า ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ในทุกๆ ข้อมูลหรือไม่ ถ้าใช่แสดงว่าโครงข่ายประสาทเทียมสามารถให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องของทุกๆ ข้อมูลแล้วจบการเรียนรู้ ถ้าไม่ใช่กลับไปเริ่มต้นทำตั้งแต่ข้อ 4 ใหม่อีกครั้ง

3.6 การประยุกต์ใช้ โครงข่ายประสาทเทียม

ในการประยุกต์ใช้ Neural Networks ในการวัดปริมาณน้ำตาล วิธีการฝึกสอนที่เหมาะสมได้แก่การเรียนรู้แบบมีผู้สอนซึ่งการฝึกสอน Neural Networks ซึ่งการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมก็คือการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมให้แก่โครงข่ายประสาทเทียมนั้นๆ โดยการสอนจำเป็นจะต้องกำหนดเซตของการสอนให้กับโครงข่าย ซึ่งเซตนี้จะประกอบไปด้วย Input และ Output ที่ต้องการ (Output desired) เมื่อทำการป้อน Input ให้กับโครงข่าย โครงข่ายก็จะทำการประมวลผลจนได้ Output และค่าถ่วงน้ำหนักออกมาชุดหนึ่ง สำหรับ Output ที่ได้จากโครงข่ายก็จะถูกนำมาคำนวณหาค่าความผิดพลาด โดยวัดเป็นระยะทางว่ามีความห่างจากค่า Output ที่ต้องการ ของค่า Input ในชุดเดียวกันมากน้อยเพียงใด ถ้ายังมีความผิดพลาดสูงก็จะมีค่าปรับค่าถ่วงน้ำหนักและจะทำการฝึกสอนต่อไปจะกว่าค่าความผิดพลาดระหว่าง Output ของโครงข่ายกับค่า Output ที่ต้องการมีค่าน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ จึงจะทำการหยุดสอน และค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้ก็จะทำหน้าที่เหมือนกับฟังก์ชันที่มีหน้าที่ในการแปลงข้อมูล

การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเป็นการหาฟังก์ชันของการเปลี่ยนแปลง และฟังก์ชันของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จะมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งฟังก์ชันของการแปลงข้อมูลของโครงข่ายประสาทเทียมในที่นี้ก็คือ เซตของค่าถ่วงน้ำหนัก ดังนั้น ฟังก์ชันของการเปลี่ยนแปลงจะมีศักยภาพมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายนั้นๆ ว่ามีเสถียรภาพมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 3.10 โครงข่ายประสาทเทียมกับการจำแนกสารตั้งต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ขั้นตอนในการศึกษา

4.1 ขั้นตอนในการศึกษา

ในการศึกษานี้ ขั้นตอนการทำงานจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เพื่อที่จะทำให้เห็นถึงขั้นตอนในการศึกษาได้อย่างชัดเจน โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 4 ส่วนคือ

- การกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษา
- การเตรียมข้อมูล
- การประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม
- การวิเคราะห์ผล

โดยหลักการทั่วไปแล้วนั้น เวลาที่ใช้ในขั้นตอนการศึกษา จะถูกใช้ไปกับ

การกำหนดวัตถุประสงค์	20 %
การเตรียมข้อมูล	60 %
การประมวลผล	10 %
การวิเคราะห์ผล	10 %

สำหรับในการศึกษานี้ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษา ไว้แล้วข้างต้น ดังนั้นจึงจะไม่ได้กล่าวถึงในส่วนนี้

4.2 การเตรียมข้อมูล

ในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูล ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญและใช้เวลามากกว่าทุกๆขั้นตอนในการศึกษา โดยสามารถจะแบ่งการขั้นตอนในการเตรียมข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนย่อยได้ดังต่อไปนี้

- การเตรียมข้อมูล
- การกลั่นกรองข้อมูล
- การแปลงข้อมูล

4.2.1 การเลือกข้อมูล (Data Selection)

การเลือกข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการระบุแหล่งที่มาของข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ในการเลือกข้อมูลจะต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่แรก โดยที่ข้อมูลดังกล่าวจะต้องมีคำอธิบายอย่างชัดเจนเกี่ยวกับข้อมูลนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษานี้ข้อมูลที่น่ามาใช้ เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการประมวลผลของเครื่อง Autolab EcoChemie โดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำละลาย กับสารละลายอีกสามชนิด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส (Glucose) น้ำตาลฟรุกโตส (Fructose) และกรดน้ำส้ม (Ascorbic Acid)

4.2.2 การกลั่นกรองข้อมูล (Data Preprocessing)

การกลั่นกรองข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อให้คุณภาพของข้อมูลที่ถูกเลือกมาเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยทั่วไปแล้วปัญหาที่พบในขั้นตอนนี้คือ

Noisy Data ซึ่งหมายถึงการที่มีข้อมูลหรือตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง ที่มีค่ามาก หรือ น้อยกว่าค่าที่ได้กำหนดเอาไว้มาก

Missing Value ซึ่งหมายถึงการที่มีข้อมูลหรือตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง ที่หายไปจากชุดข้อมูลที่ได้กำหนดเอาไว้

ในการกลั่นกรองข้อมูล สามารถที่จะนำเครื่องมือมาใช้ในการกลั่นกรองข้อมูลได้โดย ข้อมูลมีลักษณะเป็น Quantitative Data ก็จะใช้การคำนวณทางสถิติเข้ามาช่วยในการหา ค่าที่ไม่สมบูรณ์ หรือค่าที่มีปัญหา สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็น Categorical Data สามารถที่จะใช้เครื่องมือทางด้านกราฟฟิคเข้ามาช่วยในการตรวจสอบ เพื่อที่จะช่วยให้เห็นถึงค่าที่หายไปได้

ในการศึกษานี้ ข้อมูลที่ได้ 1 ชุดจะมาจากการทำการทดสอบที่มากกว่า 1 ครั้งเพื่อนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาข้อมูลชุดที่มีความเหมาะสมมากที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

4.2.3 การแปลงข้อมูล (Data Transformation)

เมื่อได้ทำการคัดเลือกและกลั่นกรองข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนนี้สุดท้ายของการเตรียมข้อมูลข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบที่พร้อมจะถูกวิเคราะห์ ซึ่งรูปแบบของข้อมูลที่จะพร้อมจะถูกวิเคราะห์คือรูปแบบของข้อมูลที่ไม่มีความขัดแย้ง ถูกจัดมาอย่างมีระเบียบ

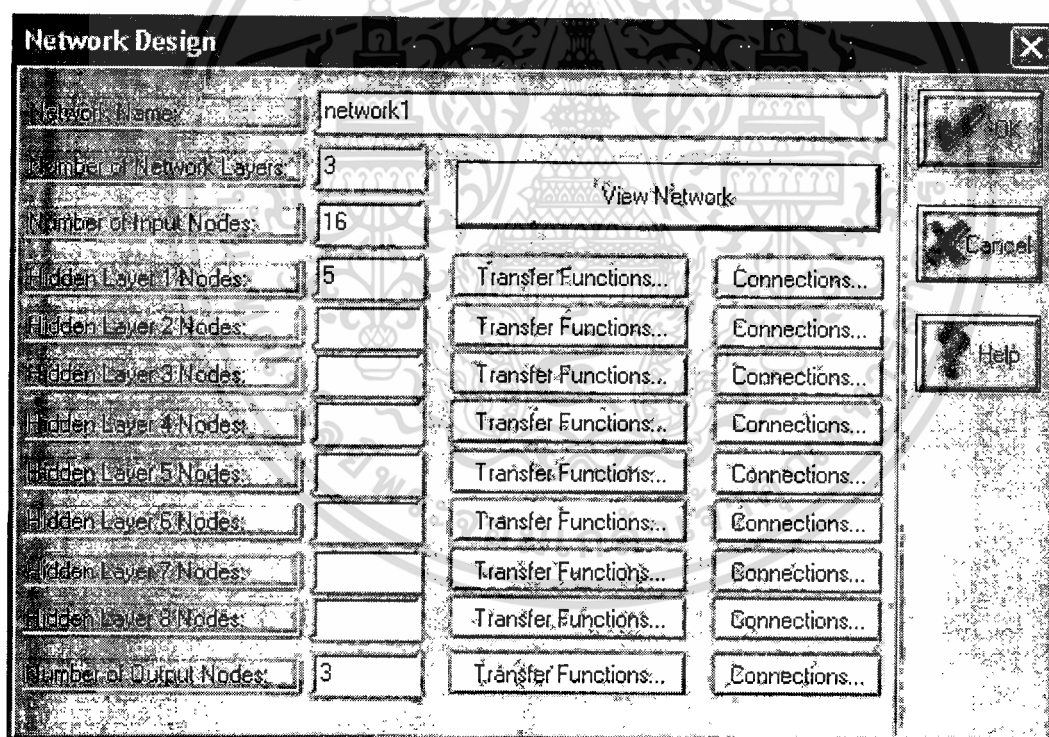
การแปลงข้อมูลจะเป็นการนำข้อมูลที่จะพร้อมจะถูกวิเคราะห์มาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับ Algorithm ที่ใช้ในการประมวลผล นอกจากนี้การแปลงข้อมูลยังสามารถที่จะใช้การคำนวณทางสถิติเข้ามาเพื่อช่วยลดจำนวนของข้อมูล (Data Reduction)

ในการศึกษานี้ ข้อมูลที่ได้มา 1 ชุดจะมีจำนวนข้อมูลเท่ากับ 160 ตัวซึ่งมีจำนวนมากเกินกว่าที่จะนำไปใช้เป็น INPUT ในการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม จึงได้ทำการลดขนาดของข้อมูล ด้วยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยการแบ่งช่วงของข้อมูลครั้งละ 10 ตัว ทำให้ผลสุดท้ายจำนวนของข้อมูลต่อ 1 ชุดมีค่าเท่ากับ 16 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

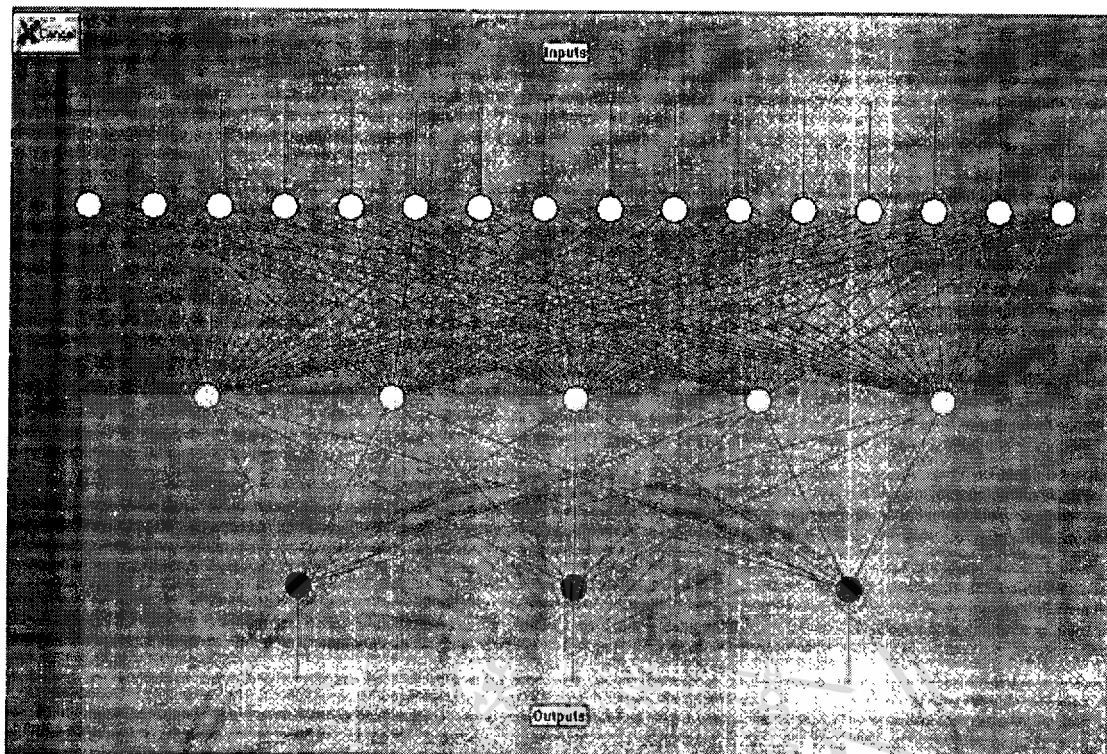
4.3 การประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

การประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ในการศึกษานี้จะอาศัยโปรแกรม Qnet97 เป็น Algorithm โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Back Propagation Neural networks) ในการประมวลผลโครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบของการเรียนรู้เป็นแบบ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) และใช้ Activation function แบบ Binary Sigmoid Function โดย Input ที่ใช้ในการประมวลผลคือ ข้อมูลของสัญญาณตอบสนองของ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และกรดน้ำส้ม ที่มีสัดส่วนและความเข้มข้นที่แตกต่างกันออกไป จำนวน 90 ชุด โดยจะทำการประมวลผลเพื่อหาจำนวน Hidden layer และจำนวน neurons ที่เหมาะสม สำหรับโปรแกรม Qnet97 ผู้ใช้สามารถที่จะกำหนดจำนวนชั้นของ Hidden layer และจำนวน neurons ได้โดยสะดวกนอกจากนี้ยังสามารถที่จะแปลงข้อมูลดังกล่าวออกมาเป็นภาพของโครงข่ายได้ด้วย



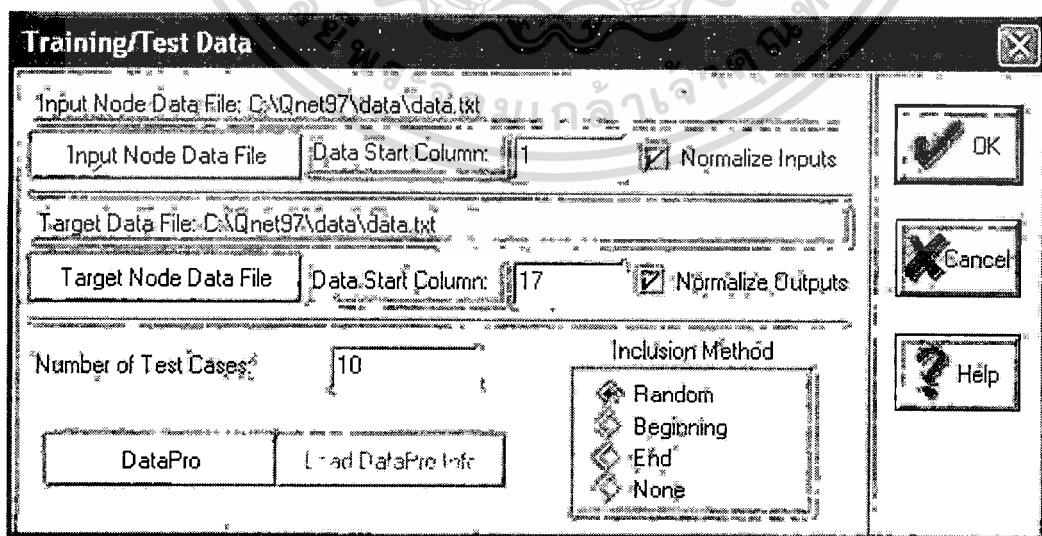
รูปที่ 4.1 หน้าจอการกำหนดขนาดของโครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 โครงข่ายประสาทเทียมที่ได้มาจากการกำหนด

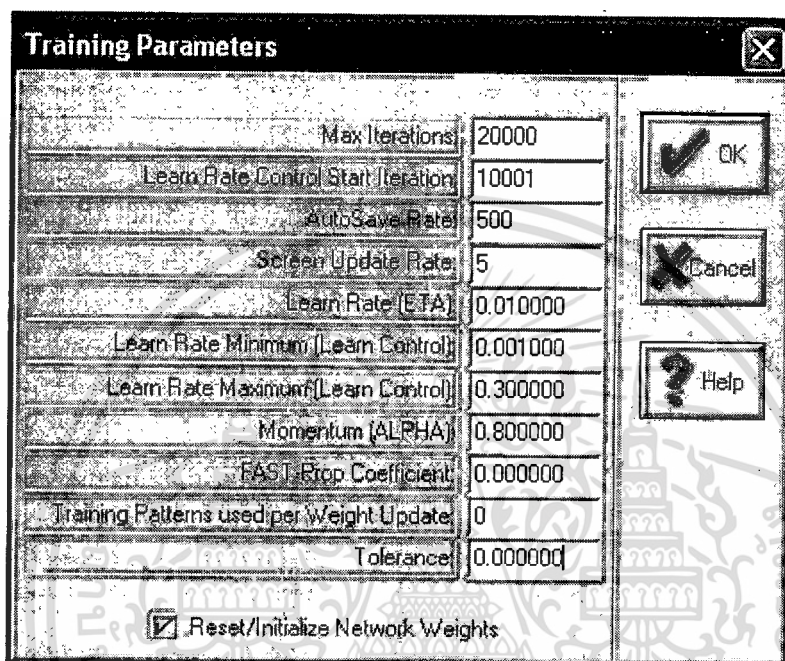
เมื่อได้ทำการกำหนดขนาดของโครงข่ายประสาทเทียมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะต้องทำการกำหนดแหล่งที่มาของข้อมูลที่จะนำมาทำการ Training และจำเป็นที่จะต้องกำหนดแหล่งของข้อมูลที่ Target ของข้อมูลด้วย



รูปที่ 4.3 หน้าจอการกำหนดแหล่งที่มาของข้อมูลและ Target

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการกำหนดแหล่งที่มาของข้อมูลแล้วนั้น สิ่งที่จะต้องกำหนดในขั้นตอนต่อไปคือ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการ Training โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆจะกำหนดค่าดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 หน้าจอการกำหนดค่าพารามิเตอร์

ในการ Training จะมีข้อมูลจำนวน 90 ชุดและจะใช้ข้อมูลจำนวน 80 ชุดในการ Training และ ใช้ข้อมูลอีก 10 ชุดในการ Test โครงข่ายประสาทเทียม โดยที่ข้อมูลที่ใช้ในการ Test นั้นจะทำการสุ่มมาจากข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมด โดยให้ Algorithm เป็นตัวกำหนดข้อมูลที่จะนำมาทำการ Test เอง ในการทดสอบจะกำหนดจำนวน Hidden layer และจำนวน neuron ในแต่ละ Hidden layer ดังต่อไปนี้

- โครงข่ายที่ 1 จำนวน Hidden layer = 1 Hidden layer
จำนวน neuron ในแต่ละ Hidden layer = 5 neuron
- โครงข่ายที่ 2 จำนวน Hidden layer = 1 Hidden layer
จำนวน neuron ในแต่ละ Hidden layer = 6 neuron
- โครงข่ายที่ 3 จำนวน Hidden layer = 2 Hidden layer
จำนวน neuron ใน Hidden layer ที่ 1 = 5 neuron

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวน neuron ใน Hidden layer ที่ 2 = 5 neuron
- โครงข่ายที่ 4 จำนวน Hidden layer = 2 Hidden layer
จำนวน neuron ใน Hidden layer ที่ 1 = 5 neuron
จำนวน neuron ใน Hidden layer ที่ 2 = 6 neuron
- โครงข่ายที่ 5 จำนวน Hidden layer = 2 Hidden layer
จำนวน neuron ใน Hidden layer ที่ 1 = 6 neuron
จำนวน neuron ใน Hidden layer ที่ 2 = 5 neuron
- โครงข่ายที่ 6 จำนวน Hidden layer = 2 Hidden layer
จำนวน neuron ใน Hidden layer ที่ 1 = 6 neuron
จำนวน neuron ใน Hidden layer ที่ 2 = 6 neuron

โดยที่กำหนดค่าดังต่อไปนี้

จำนวนรอบในการทดสอบ (Max Iteration) เท่ากับ 20,000 รอบ

ค่า Learn Rate เริ่มต้นที่ 0.01

ค่า Learn Rate ที่ต่ำที่สุด 0.001

ค่า Learn Rate ที่สูงที่สุด 0.3

ค่า Momentum ที่ 0.8

เมื่อทำการประมวลผลเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะได้ผลจากการประมวลผลดังที่แสดงในตาราง

ที่ 4.1

โครงข่าย ที่	จำนวน Hidden layer	จำนวน neuron/hidden layer	ค่า RMS.	
			Train	Test
1	1	5	0.012203	0.010881
2	1	6	0.011078	0.022789
3	2	5-5	0.012810	0.013672
4	2	5-6	0.012345	0.012244
5	2	6-5	0.019970	0.012820
6	2	6-6	0.011071	0.014756

ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการ Train และ Test โครงข่ายประสาทเทียม

4.4 การวิเคราะห์ผล

จากผลการทดลองที่ได้จากการประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียมที่แตกต่างกันออกไป สามารถที่จะแสดงจำแนกชนิดของสารตั้งต้นที่ผสมกันอยู่ในสารละลายได้ และยังสามารถที่จะจำแนกถึงความเข้มข้นของสารตั้งต้นได้อีกด้วย แม้ว่าค่าที่ได้ออกมาจะมีค่าบางจำนวนที่มีความแตกต่างกันพอสมควร โดยเฉพาะค่าของข้อมูลที่อยู่นอกเหนือจากข้อมูลที่นำมาทำการ Training และนอกจากนี้แล้วยังแสดงให้เห็นว่า ค่า RMS.(Root-Mean-Square Error) ของข้อมูลที่ได้จากการ Training ที่มีค่าต่ำที่สุด ไม่จำเป็นที่จะทำให้ค่า RMS. ของข้อมูลที่นำมา Test จะมีค่าที่ต่ำตามไปด้วย

ดังนั้นโครงข่ายที่นำมาใช้เป็นต้นแบบในการจำแนกสารตั้งต้นของสารละลายคือ โครงข่ายที่ 1 เนื่องจากว่าค่า RMS. ของโครงข่ายที่ 1 สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการ Training มีค่าน้อยเป็นลำดับที่ 3 ของจำนวนโครงข่ายทั้งหมดที่ทำการทดสอบ แต่ค่า RMS. ของข้อมูลที่ใช้ในการ Test มีค่าน้อยเป็นอันดับที่ 1

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษากรณีพิเศษนี้ การที่นำเอาเคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า มาผสมผสานกับการใช้โครงข่ายประสาทเทียม สามารถที่จะจำแนกชนิดและความเข้มข้นสารตั้งต้นทั้งสามชนิดที่ผสมเป็นสารละลายเดียวกันได้ สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และยังสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับงานในด้านเดียวกันได้อีกเช่น การตรวจสอบน้ำตาลในผลไม้ การตรวจสอบน้ำตาลในกระบวนการผลิตอาหาร และเครื่องดื่ม นอกจากนี้แล้วยังสามารถที่จะประยุกต์ใช้กับงานในด้านอื่นๆ ที่อาศัยหลักการเดียวกันได้อีกด้วยเช่น การตรวจสอบระดับแอลกอฮอล์ในเลือด การตรวจสอบสารปนเปื้อนในน้ำมัน การตรวจสอบค่าบีโอดีในน้ำ

5.2 ปัญหาที่พบ

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาได้พบปัญหาดังต่อไปนี้ตั้งนั้น

- ขนาดหรือจำนวนของข้อมูลที่นำมาทำการ Training ยังมีจำนวนน้อยไปอาจทำให้ผลของการประมวลผล
- ยังไม่มีฤษฎีหรือข้อกำหนดใดๆ ในการกำหนดจำนวนชั้นของ Hidden layer จำนวน neuron ในแต่ละ Hidden layer การกำหนดจำนวนรอบในการ Training ของโครงข่ายประสาทเทียมอีกด้วย ซึ่งเมื่อไปใช้งานจริงแล้วอาจจะก่อให้เกิดปัญหาได้

บรรณานุกรม

- พรทิพย์ ทศกร และ วิลาสินี ดีปัญญา. 2544. “อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสในผลไม้.” วารสาร LAB.TODAY, 1(2): 47-52.
- เพ็ญศรี ทองนพเนื้อ. 2542. เคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้า. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- George, F.L. and Willam, A.S. 1993. **Artificial Intelligence: Structures and sStrategies for Complex Problem solving**. 2nd. TheBenjamin/Cummings.
- Fatemeh, M.Z. 1993. **Intelligent System for Business : Expert System with Neural Networks..** Warsworth .
- Patrick , H.W. 1991. **Artificial Intelligence**. 3 rd. Addison-Wesley.

ภาคผนวก

ข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล

โดยที่ G = น้ำตาลกลูโคส และตัวเลขข้างหลังจะแสดงถึง สัดส่วนของน้ำตาลดังกล่าว

F = น้ำตาลฟรุคโตส

C = กรดน้ำส้ม

NO.	G0F0C0	G0F0C1	G0F0C10	G0F0C2	G0F0C3
1	7.019E-06	8.410E-06	8.974E-06	8.429E-06	8.446E-06
2	7.019E-06	9.065E-06	9.382E-06	9.063E-06	9.061E-06
3	7.172E-06	9.381E-06	9.874E-06	9.391E-06	9.402E-06
4	7.599E-06	9.609E-06	1.116E-05	9.720E-06	9.836E-06
5	7.721E-06	1.029E-05	1.901E-05	1.118E-05	1.206E-05
6	8.423E-06	1.607E-05	7.436E-05	2.274E-05	2.941E-05
7	1.028E-05	1.961E-05	9.166E-05	2.789E-05	3.617E-05
8	1.099E-05	1.884E-05	8.682E-05	2.688E-05	3.492E-05
9	1.108E-05	1.828E-05	7.993E-05	2.533E-05	3.238E-05
10	1.175E-05	1.848E-05	7.321E-05	2.472E-05	3.096E-05
11	1.392E-05	2.023E-05	6.494E-05	2.536E-05	3.049E-05
12	1.648E-05	2.252E-05	5.939E-05	2.698E-05	3.143E-05
13	1.761E-05	2.333E-05	5.530E-05	2.735E-05	3.136E-05
14	1.767E-05	2.409E-05	5.621E-05	2.817E-05	3.224E-05
15	1.797E-05	2.660E-05	6.091E-05	3.067E-05	3.474E-05
16	2.179E-05	3.511E-05	6.857E-05	3.885E-05	4.259E-05

NO.	G0F0C4	G0F0C5	G0F0C6	G0F0C8	G0F10C0
1	8.465E-06	8.592E-06	8.714E-06	8.811E-06	4.234E-06
2	9.059E-06	9.148E-06	9.238E-06	9.325E-06	6.058E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	9.412E-06	9.558E-06	9.706E-06	9.787E-06	7.454E-06
4	9.949E-06	1.020E-05	1.045E-05	1.084E-05	8.007E-06
5	1.295E-05	1.396E-05	1.497E-05	1.702E-05	8.650E-06
6	3.608E-05	4.191E-05	4.774E-05	6.148E-05	1.078E-05
7	4.446E-05	5.166E-05	5.886E-05	7.558E-05	1.397E-05
8	4.296E-05	5.023E-05	5.751E-05	7.282E-05	1.992E-05
9	3.943E-05	4.617E-05	5.292E-05	6.686E-05	3.366E-05
10	3.720E-05	4.297E-05	4.874E-05	6.113E-05	7.281E-05
11	3.562E-05	4.056E-05	4.550E-05	5.542E-05	8.466E-05
12	3.589E-05	4.015E-05	4.441E-05	5.234E-05	3.980E-05
13	3.537E-05	3.896E-05	4.254E-05	4.926E-05	3.055E-05
14	3.632E-05	4.000E-05	4.367E-05	5.051E-05	2.680E-05
15	3.882E-05	4.275E-05	4.669E-05	5.429E-05	2.966E-05
16	4.633E-05	4.996E-05	5.359E-05	6.119E-05	4.148E-05

NO.	G0F10C5	G0F1C0	G0F1C2	G0F2C0	G0F2C1
1	1.283E-05	3.531E-06	1.196E-05	4.193E-06	1.260E-05
2	1.521E-05	5.346E-06	1.441E-05	5.835E-06	1.490E-05
3	1.701E-05	6.279E-06	1.567E-05	6.660E-06	1.604E-05
4	1.821E-05	6.799E-06	1.652E-05	7.152E-06	1.676E-05
5	2.261E-05	7.149E-06	1.832E-05	7.588E-06	1.788E-05
6	5.268E-05	7.721E-06	3.046E-05	8.485E-06	2.455E-05
7	6.563E-05	9.155E-06	3.704E-05	1.059E-05	3.020E-05
8	7.015E-05	1.038E-05	3.726E-05	1.250E-05	3.134E-05
9	7.983E-05	1.257E-05	3.789E-05	1.588E-05	3.416E-05
10	1.158E-04	1.601E-05	4.073E-05	2.204E-05	4.052E-05
11	1.252E-04	1.622E-05	4.158E-05	2.185E-05	4.208E-05
12	7.994E-05	1.782E-05	4.480E-05	1.929E-05	4.181E-05
13	6.950E-05	1.894E-05	4.628E-05	1.984E-05	4.317E-05
14	6.679E-05	1.938E-05	4.755E-05	1.996E-05	4.405E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15	7.242E-05	2.098E-05	5.165E-05	2.228E-05	4.888E-05
16	9.143E-05	2.942E-05	6.827E-05	3.207E-05	6.718E-05

NO.	G0F2C4	G0F3C0	G0F3C6	G0F4C0	G0F4C2
1	1.266E-05	4.843E-06	1.356E-05	5.415E-06	1.384E-05
2	1.489E-05	6.314E-06	1.555E-05	6.704E-06	1.577E-05
3	1.607E-05	7.026E-06	1.673E-05	7.276E-06	1.667E-05
4	1.710E-05	7.483E-06	1.794E-05	7.636E-06	1.736E-05
5	2.054E-05	7.967E-06	2.294E-05	7.999E-06	1.917E-05
6	4.456E-05	9.114E-06	5.685E-05	8.921E-06	3.166E-05
7	5.505E-05	1.174E-05	7.060E-05	1.118E-05	3.907E-05
8	5.545E-05	1.426E-05	7.176E-05	1.389E-05	4.077E-05
9	5.531E-05	1.891E-05	7.182E-05	2.017E-05	4.550E-05
10	5.924E-05	2.801E-05	7.674E-05	3.358E-05	5.830E-05
11	5.747E-05	2.748E-05	7.299E-05	3.311E-05	5.847E-05
12	5.518E-05	2.075E-05	6.516E-05	2.222E-05	4.920E-05
13	5.521E-05	2.074E-05	6.328E-05	2.164E-05	4.898E-05
14	5.628E-05	2.054E-05	6.421E-05	2.112E-05	4.929E-05
15	6.110E-05	2.358E-05	7.027E-05	2.487E-05	5.554E-05
16	7.840E-05	3.473E-05	8.832E-05	3.738E-05	7.623E-05

NO.	G0F4C8	G0F5C0	G0F5C10	G0F6C0	G0F6C3
1	1.423E-05	5.632E-06	1.461E-05	5.851E-06	1.430E-05
2	1.603E-05	6.806E-06	1.619E-05	6.910E-06	1.597E-05
3	1.706E-05	7.376E-06	1.725E-05	7.476E-06	1.688E-05
4	1.847E-05	7.667E-06	1.882E-05	7.708E-06	1.754E-05
5	2.502E-05	8.030E-06	2.704E-05	8.063E-06	2.013E-05
6	7.040E-05	9.018E-06	8.338E-05	9.113E-06	3.852E-05
7	8.676E-05	1.108E-05	1.027E-04	1.098E-05	4.715E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	8.671E-05	1.437E-05	1.012E-04	1.484E-05	4.976E-05
9	8.703E-05	2.234E-05	1.023E-04	2.450E-05	5.688E-05
10	9.471E-05	4.077E-05	1.140E-04	4.796E-05	7.893E-05
11	8.853E-05	4.213E-05	1.071E-04	5.115E-05	8.163E-05
12	7.456E-05	2.515E-05	8.453E-05	2.807E-05	5.951E-05
13	7.089E-05	2.324E-05	7.854E-05	2.484E-05	5.620E-05
14	7.163E-05	2.224E-05	7.845E-05	2.334E-05	5.559E-05
15	7.916E-05	2.608E-05	8.699E-05	2.728E-05	6.203E-05
16	9.857E-05	3.856E-05	1.071E-04	3.974E-05	8.232E-05

NO.	G0F8C0	G0F8C4	G10F0C0	G10F0C5	G10F10C5
1	3.970E-06	1.244E-05	4.391E-06	1.298E-05	1.722E-05
2	5.712E-06	1.477E-05	8.016E-06	1.716E-05	2.322E-05
3	6.911E-06	1.632E-05	3.497E-05	4.453E-05	5.199E-05
4	7.440E-06	1.739E-05	6.586E-05	7.606E-05	8.407E-05
5	7.824E-06	2.078E-05	5.587E-05	6.983E-05	7.848E-05
6	9.460E-06	4.554E-05	4.771E-05	8.962E-05	1.004E-04
7	1.243E-05	5.688E-05	4.390E-05	9.556E-05	1.095E-04
8	1.765E-05	6.061E-05	4.739E-05	9.762E-05	1.175E-04
9	2.978E-05	6.921E-05	6.095E-05	1.071E-04	1.408E-04
10	6.278E-05	9.998E-05	8.358E-05	1.266E-04	1.994E-04
11	6.808E-05	1.037E-04	7.022E-05	1.108E-04	1.954E-04
12	3.314E-05	6.903E-05	2.504E-05	6.519E-05	1.050E-04
13	2.780E-05	6.317E-05	2.041E-05	5.936E-05	8.991E-05
14	2.508E-05	6.140E-05	1.790E-05	5.790E-05	8.469E-05
15	2.866E-05	6.748E-05	1.748E-05	6.023E-05	8.989E-05
16	4.080E-05	8.713E-05	2.320E-05	7.316E-05	1.146E-04

NO.	G10F5C0	G10F5C10	G10F5C5	G1F0C0	G1F0C2
1	1.002E-05	1.900E-05	1.862E-05	1.788E-06	1.022E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	1.482E-05	2.420E-05	2.397E-05	3.497E-06	1.256E-05
3	4.235E-05	5.222E-05	5.191E-05	4.841E-06	1.423E-05
4	7.353E-05	8.468E-05	8.373E-05	1.331E-05	2.303E-05
5	6.390E-05	8.291E-05	7.786E-05	1.426E-05	2.544E-05
6	5.673E-05	1.311E-04	9.864E-05	1.022E-05	3.296E-05
7	5.498E-05	1.466E-04	1.066E-04	7.028E-06	3.492E-05
8	6.176E-05	1.486E-04	1.120E-04	5.577E-06	3.246E-05
9	8.329E-05	1.632E-04	1.295E-04	8.350E-06	3.368E-05
10	1.244E-04	1.976E-04	1.673E-04	1.736E-05	4.208E-05
11	1.123E-04	1.773E-04	1.529E-04	1.819E-05	4.355E-05
12	5.019E-05	1.096E-04	9.034E-05	1.321E-05	4.019E-05
13	4.365E-05	9.895E-05	8.260E-05	1.333E-05	4.068E-05
14	4.014E-05	9.635E-05	8.013E-05	1.324E-05	4.141E-05
15	4.355E-05	1.045E-04	8.631E-05	1.648E-05	4.715E-05
16	6.176E-05	1.303E-04	1.117E-04	2.576E-05	6.461E-05

NO.	G1F1C1	G1F1C2	G1F2C0	G1F2C1	G1F2C2
1	1.373E-05	1.375E-05	5.981E-06	1.439E-05	1.441E-05
2	1.791E-05	1.791E-05	9.332E-06	1.840E-05	1.840E-05
3	2.050E-05	2.051E-05	1.150E-05	2.088E-05	2.089E-05
4	2.972E-05	2.983E-05	2.046E-05	3.007E-05	3.018E-05
5	3.170E-05	3.259E-05	2.185E-05	3.214E-05	3.303E-05
6	3.401E-05	4.068E-05	1.871E-05	3.477E-05	4.144E-05
7	3.579E-05	4.407E-05	1.762E-05	3.723E-05	4.551E-05
8	3.480E-05	4.284E-05	1.807E-05	3.692E-05	4.495E-05
9	3.920E-05	4.624E-05	2.423E-05	4.251E-05	4.956E-05
10	5.184E-05	5.808E-05	3.939E-05	5.787E-05	6.411E-05
11	5.464E-05	5.977E-05	4.004E-05	6.027E-05	6.540E-05
12	5.356E-05	5.801E-05	3.250E-05	5.503E-05	5.948E-05
13	5.560E-05	5.961E-05	3.317E-05	5.650E-05	6.052E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	5.672E-05	6.079E-05	3.320E-05	5.730E-05	6.137E-05
15	6.406E-05	6.813E-05	3.876E-05	6.536E-05	6.943E-05
16	9.029E-05	9.403E-05	5.783E-05	9.294E-05	9.668E-05

NO.	G2F0C0	G2F0C1	G2F0C4	G2F1C0	G2F1C1
1	2.451E-06	1.086E-05	1.092E-05	5.982E-06	1.439E-05
2	4.088E-06	1.315E-05	1.315E-05	9.434E-06	1.850E-05
3	8.247E-06	1.763E-05	1.766E-05	1.453E-05	2.391E-05
4	1.846E-05	2.807E-05	2.841E-05	2.526E-05	3.487E-05
5	1.760E-05	2.789E-05	3.055E-05	2.475E-05	3.503E-05
6	1.346E-05	2.953E-05	4.954E-05	2.118E-05	3.725E-05
7	1.055E-05	3.016E-05	5.501E-05	1.971E-05	3.931E-05
8	1.007E-05	2.891E-05	5.303E-05	2.045E-05	3.929E-05
9	1.455E-05	3.283E-05	5.398E-05	2.711E-05	4.539E-05
10	2.516E-05	4.364E-05	6.236E-05	4.117E-05	5.965E-05
11	2.381E-05	4.405E-05	5.943E-05	4.003E-05	6.027E-05
12	1.449E-05	3.702E-05	5.038E-05	3.232E-05	5.484E-05
13	1.416E-05	3.749E-05	4.953E-05	3.310E-05	5.643E-05
14	1.369E-05	3.778E-05	5.001E-05	3.307E-05	5.716E-05
15	1.629E-05	4.289E-05	5.511E-05	3.727E-05	6.387E-05
16	2.505E-05	6.016E-05	7.137E-05	5.447E-05	8.958E-05

NO.	G2F1C2	G2F2C1	G2F2C2	G2F2C4	G2F4C0
1	1.441E-05	1.505E-05	1.507E-05	1.511E-05	7.866E-06
2	1.850E-05	1.899E-05	1.899E-05	1.898E-05	1.079E-05
3	2.392E-05	2.429E-05	2.430E-05	2.432E-05	1.552E-05
4	3.498E-05	3.522E-05	3.534E-05	3.556E-05	2.610E-05
5	3.592E-05	3.547E-05	3.636E-05	3.814E-05	2.560E-05
6	4.392E-05	3.802E-05	4.469E-05	5.803E-05	2.238E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	4.759E-05	4.075E-05	4.903E-05	6.560E-05	2.173E-05
8	4.733E-05	4.141E-05	4.944E-05	6.552E-05	2.396E-05
9	5.244E-05	4.871E-05	5.576E-05	6.986E-05	3.472E-05
10	6.589E-05	6.568E-05	7.192E-05	8.440E-05	5.874E-05
11	6.539E-05	6.590E-05	7.103E-05	8.128E-05	5.693E-05
12	5.929E-05	5.631E-05	6.076E-05	6.967E-05	3.671E-05
13	6.044E-05	5.733E-05	6.135E-05	6.937E-05	3.580E-05
14	6.124E-05	5.774E-05	6.182E-05	6.997E-05	3.481E-05
15	6.794E-05	6.517E-05	6.924E-05	7.739E-05	4.116E-05
16	9.332E-05	9.223E-05	9.597E-05	1.034E-04	6.243E-05

NO.	G2F4C2	G2F4C4	G3F0C0	G3F0C6	G3F3C3
1	1.630E-05	1.633E-05	3.115E-06	1.183E-05	1.640E-05
2	1.986E-05	1.985E-05	4.679E-06	1.392E-05	2.005E-05
3	2.491E-05	2.494E-05	1.165E-05	2.136E-05	2.808E-05
4	3.582E-05	3.605E-05	2.362E-05	3.407E-05	4.094E-05
5	3.677E-05	3.855E-05	2.093E-05	3.590E-05	4.096E-05
6	4.512E-05	5.846E-05	1.670E-05	6.444E-05	5.523E-05
7	4.962E-05	6.619E-05	1.408E-05	7.293E-05	6.199E-05
8	5.084E-05	6.692E-05	1.456E-05	7.207E-05	6.374E-05
9	6.005E-05	7.415E-05	2.075E-05	7.366E-05	7.203E-05
10	8.346E-05	9.594E-05	3.297E-05	8.170E-05	9.193E-05
11	8.229E-05	9.254E-05	2.944E-05	7.495E-05	8.741E-05
12	6.369E-05	7.260E-05	1.577E-05	6.018E-05	6.796E-05
13	6.314E-05	7.117E-05	1.499E-05	5.753E-05	6.708E-05
14	6.298E-05	7.113E-05	1.414E-05	5.781E-05	6.692E-05
15	7.183E-05	7.998E-05	1.611E-05	6.280E-05	7.442E-05
16	1.013E-04	1.088E-04	2.434E-05	7.792E-05	1.017E-04

NO.	G3F3C6	G3F6C0	G3F6C3	G3F6C6	G4F0C0
-----	--------	--------	--------	--------	--------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	1.667E-05	8.966E-06	1.741E-05	1.768E-05	3.775E-06
2	2.023E-05	1.159E-05	2.065E-05	2.083E-05	5.271E-06
3	2.839E-05	1.913E-05	2.853E-05	2.884E-05	1.506E-05
4	4.156E-05	3.133E-05	4.116E-05	4.178E-05	2.878E-05
5	4.387E-05	2.900E-05	4.106E-05	4.397E-05	2.427E-05
6	7.356E-05	2.582E-05	5.522E-05	7.356E-05	1.995E-05
7	8.467E-05	2.505E-05	6.123E-05	8.391E-05	1.760E-05
8	8.633E-05	2.941E-05	6.432E-05	8.691E-05	1.906E-05
9	9.257E-05	4.525E-05	7.763E-05	9.816E-05	2.694E-05
10	1.097E-04	8.093E-05	1.119E-04	1.297E-04	4.077E-05
11	1.024E-04	8.059E-05	1.111E-04	1.261E-04	3.507E-05
12	8.093E-05	4.385E-05	7.528E-05	8.825E-05	1.705E-05
13	7.827E-05	3.983E-05	7.119E-05	8.237E-05	1.582E-05
14	7.835E-05	3.749E-05	6.973E-05	8.116E-05	1.459E-05
15	8.637E-05	4.339E-05	7.813E-05	9.008E-05	1.592E-05
16	1.127E-04	6.407E-05	1.067E-04	1.177E-04	2.362E-05

NO.	G4F0C2	G4F0C8	G4F2C0	G4F2C2	G4F2C4
1	1.220E-05	1.259E-05	7.968E-06	1.640E-05	1.643E-05
2	1.433E-05	1.460E-05	1.111E-05	2.017E-05	2.017E-05
3	2.445E-05	2.485E-05	2.172E-05	3.111E-05	3.113E-05
4	3.850E-05	3.961E-05	3.593E-05	4.565E-05	4.588E-05
5	3.544E-05	4.129E-05	3.186E-05	4.303E-05	4.481E-05
6	4.268E-05	8.142E-05	2.843E-05	5.117E-05	6.451E-05
7	4.549E-05	9.318E-05	2.819E-05	5.608E-05	7.265E-05
8	4.594E-05	9.188E-05	3.155E-05	5.843E-05	7.451E-05
9	5.227E-05	9.380E-05	4.282E-05	6.815E-05	8.225E-05
10	6.549E-05	1.019E-04	6.281E-05	8.753E-05	1.000E-04
11	6.043E-05	9.049E-05	5.692E-05	8.228E-05	9.254E-05
12	4.403E-05	6.939E-05	3.634E-05	6.332E-05	7.223E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	4.317E-05	6.508E-05	3.566E-05	6.301E-05	7.103E-05
14	4.276E-05	6.509E-05	3.455E-05	6.272E-05	7.087E-05
15	4.659E-05	7.021E-05	3.819E-05	6.886E-05	7.701E-05
16	6.247E-05	8.481E-05	5.570E-05	9.455E-05	1.020E-04

NO.	G4F4C2	G4F4C4	G4F4C8	G4F8C0	G4F8C4
1	1.762E-05	1.766E-05	1.800E-05	7.745E-06	1.621E-05
2	2.104E-05	2.103E-05	2.130E-05	1.098E-05	2.004E-05
3	3.173E-05	3.175E-05	3.212E-05	2.197E-05	3.138E-05
4	4.613E-05	4.636E-05	4.725E-05	3.622E-05	4.617E-05
5	4.344E-05	4.522E-05	4.929E-05	3.209E-05	4.504E-05
6	5.160E-05	6.494E-05	9.034E-05	2.941E-05	6.548E-05
7	5.667E-05	7.324E-05	1.044E-04	3.003E-05	7.448E-05
8	5.983E-05	7.590E-05	1.058E-04	3.671E-05	7.967E-05
9	7.244E-05	8.654E-05	1.140E-04	5.672E-05	9.615E-05
10	9.907E-05	1.116E-04	1.355E-04	1.036E-04	1.408E-04
11	9.354E-05	1.038E-04	1.236E-04	1.032E-04	1.388E-04
12	6.625E-05	7.516E-05	9.161E-05	5.019E-05	8.608E-05
13	6.480E-05	7.283E-05	8.671E-05	4.362E-05	7.899E-05
14	6.388E-05	7.203E-05	8.621E-05	3.967E-05	7.599E-05
15	7.146E-05	7.961E-05	9.508E-05	4.457E-05	8.339E-05
16	9.986E-05	1.073E-04	1.222E-04	6.443E-05	1.108E-04

NO.	G4F8C8	G5F0C0	G5F0C10	G5F10C0	G5F10C10
1	1.656E-05	2.996E-06	1.197E-05	7.230E-06	1.620E-05
2	2.031E-05	5.128E-06	1.451E-05	1.119E-05	2.057E-05
3	3.176E-05	1.759E-05	2.747E-05	2.505E-05	3.492E-05
4	4.705E-05	3.441E-05	4.556E-05	4.241E-05	5.357E-05
5	4.911E-05	2.905E-05	4.806E-05	3.770E-05	5.671E-05
6	9.088E-05	2.421E-05	9.856E-05	3.498E-05	1.093E-04
7	1.056E-04	2.186E-05	1.135E-04	3.583E-05	1.275E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	1.095E-04	2.358E-05	1.104E-04	4.349E-05	1.303E-04
9	1.236E-04	3.240E-05	1.123E-04	6.606E-05	1.460E-04
10	1.647E-04	4.747E-05	1.207E-04	1.203E-04	1.935E-04
11	1.586E-04	4.006E-05	1.050E-04	1.247E-04	1.897E-04
12	1.025E-04	1.809E-05	7.748E-05	5.789E-05	1.173E-04
13	9.288E-05	1.639E-05	7.169E-05	4.693E-05	1.022E-04
14	9.018E-05	1.506E-05	7.128E-05	4.186E-05	9.807E-05
15	9.886E-05	1.608E-05	7.699E-05	4.575E-05	1.067E-04
16	1.256E-04	2.351E-05	9.208E-05	6.498E-05	1.336E-04

NO.	G5F10C5	G5F5C10	G5F5C5	G6F0C0	G6F0C3
1	1.582E-05	1.760E-05	1.722E-05	2.215E-06	1.066E-05
2	2.033E-05	2.132E-05	2.108E-05	4.987E-06	1.405E-05
3	3.460E-05	3.484E-05	3.453E-05	2.012E-05	2.952E-05
4	5.261E-05	5.323E-05	5.227E-05	4.003E-05	4.987E-05
5	5.166E-05	5.609E-05	5.104E-05	3.382E-05	4.589E-05
6	7.689E-05	1.076E-04	7.513E-05	2.846E-05	5.787E-05
7	8.749E-05	1.246E-04	8.460E-05	2.611E-05	6.229E-05
8	9.373E-05	1.248E-04	8.818E-05	2.809E-05	6.301E-05
9	1.122E-04	1.347E-04	1.009E-04	3.787E-05	7.025E-05
10	1.632E-04	1.615E-04	1.312E-04	5.416E-05	8.512E-05
11	1.653E-04	1.471E-04	1.227E-04	4.505E-05	7.554E-05
12	9.803E-05	1.026E-04	8.338E-05	1.913E-05	5.056E-05
13	8.589E-05	9.492E-05	7.858E-05	1.695E-05	4.831E-05
14	8.185E-05	9.351E-05	7.729E-05	1.554E-05	4.778E-05
15	8.850E-05	1.031E-04	8.491E-05	1.625E-05	5.099E-05
16	1.149E-04	1.306E-04	1.120E-04	2.339E-05	6.597E-05

NO.	G6F3C0	G6F3C3	G6F3C6	G6F6C3	G8F0C0
1	7.058E-06	1.550E-05	1.577E-05	1.651E-05	3.237E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	1.130E-05	2.036E-05	2.054E-05	2.096E-05	6.082E-06
3	2.715E-05	3.655E-05	3.685E-05	3.700E-05	2.683E-05
4	4.752E-05	5.735E-05	5.797E-05	5.758E-05	5.182E-05
5	4.179E-05	5.385E-05	5.676E-05	5.395E-05	4.414E-05
6	3.757E-05	6.698E-05	8.531E-05	6.698E-05	3.765E-05
7	3.785E-05	7.403E-05	9.671E-05	7.326E-05	3.505E-05
8	4.235E-05	7.726E-05	9.985E-05	7.785E-05	3.802E-05
9	5.677E-05	8.915E-05	1.097E-04	9.475E-05	5.011E-05
10	8.216E-05	1.131E-04	1.309E-04	1.331E-04	7.031E-05
11	7.254E-05	1.030E-04	1.180E-04	1.267E-04	5.924E-05
12	3.988E-05	7.132E-05	8.429E-05	7.864E-05	2.276E-05
13	3.769E-05	6.905E-05	8.023E-05	7.315E-05	1.955E-05
14	3.608E-05	6.832E-05	7.975E-05	7.112E-05	1.730E-05
15	3.982E-05	7.457E-05	8.651E-05	7.827E-05	1.766E-05
16	5.812E-05	1.007E-04	1.117E-04	1.057E-04	2.471E-05

NO.	G8F0C4	G8F4C0	G8F4C4	G8F4C8	G8F8C4
1	1.170E-05	8.652E-06	1.712E-05	1.746E-05	1.567E-05
2	1.514E-05	1.279E-05	2.185E-05	2.211E-05	2.085E-05
3	3.624E-05	3.410E-05	4.352E-05	4.389E-05	4.315E-05
4	6.177E-05	5.946E-05	6.940E-05	7.029E-05	6.921E-05
5	5.709E-05	5.214E-05	6.509E-05	6.916E-05	6.492E-05
6	7.373E-05	4.657E-05	8.265E-05	1.080E-04	8.319E-05
7	7.951E-05	4.623E-05	9.069E-05	1.218E-04	9.193E-05
8	8.097E-05	5.191E-05	9.486E-05	1.247E-04	9.863E-05
9	8.954E-05	7.028E-05	1.097E-04	1.371E-04	1.193E-04
10	1.075E-04	1.039E-04	1.411E-04	1.650E-04	1.703E-04
11	9.486E-05	9.235E-05	1.280E-04	1.478E-04	1.629E-04
12	5.865E-05	4.498E-05	8.087E-05	9.732E-05	9.180E-05
13	5.492E-05	4.118E-05	7.655E-05	9.044E-05	8.272E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	5.362E-05	3.842E-05	7.474E-05	8.892E-05	7.870E-05
15	5.648E-05	4.253E-05	8.135E-05	9.682E-05	8.513E-05
16	7.103E-05	6.209E-05	1.084E-04	1.233E-04	1.118E-04

Network Information

Network Name: network1

Number of Layers: 3

Input Layer : Nodes: 16 Transfer Function: Linear

Hidden Layer 1 : Nodes: 5 Transfer Function: Sigmoid

Output Layer : Nodes: 3 Transfer Function: Sigmoid

Connections:FULL

Training Information:

Iterations: 20000

Training Error: 0.012203

Test Set Error: 0.010881

Learn Rate: 0.042611

Momentum Factor: 0.800000

Fast-Prop Coef: 0.000000

Input Node File: A:\data.txt

Input Start Column: 1

Normalize Inputs: YES

Output Node File: A:\data.txt

Output Start Column:17

Normalize Outputs: YES

Training Patterns: 80

Test Patterns: 10

Inclusion Method: RANDOM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Name: network2

Number of Layers: 3

Input Layer : Nodes: 16 Transfer Function: Linear

Hidden Layer 1 : Nodes: 6 Transfer Function: Sigmoid

Output Layer : Nodes: 3 Transfer Function: Sigmoid

Connections:FULL

Training Information:

Iterations: 20000

Training Error: 0.011078

Test Set Error: 0.022789

Learn Rate: 0.039450

Momentum Factor: 0.800000

Fast-Prop Coef: 0.000000

Input Node File: A:\data.txt

Input Start Column: 1

Normalize Inputs: YES

Output Node File: A:\data.txt

Output Start Column:17

Normalize Outputs: YES

Training Patterns: 80

Test Patterns: 10

Inclusion Method: RANDOM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Name: network3
 Number of Layers: 4
 Input Layer : Nodes: 16 Transfer Function: Linear
 Hidden Layer 1 : Nodes: 5 Transfer Function: Sigmoid
 Hidden Layer 2 : Nodes: 5 Transfer Function: Sigmoid
 Output Layer : Nodes: 3 Transfer Function: Sigmoid

Connections:FULL

Training Information:

Iterations: 20000
 Training Error: 0.012810
 Test Set Error: 0.013672
 Learn Rate: 0.019872
 Momentum Factor: 0.800000
 Fast-Prop Coef: 0.000000
 Input Node File: A:\data\data.txt
 Input Start Column: 1
 Normalize Inputs: YES
 Output Node File: A:\data\data.txt
 Output Start Column: 17
 Normalize Outputs: YES
 Training Patterns: 80
 Test Patterns: 10
 Inclusion Method: RANDOM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Name: network4

Number of Layers: 4

Input Layer : Nodes: 16 Transfer Function: Linear

Hidden Layer 1 : Nodes: 5 Transfer Function: Sigmoid

Hidden Layer 2 : Nodes: 6 Transfer Function: Sigmoid

Output Layer : Nodes: 3 Transfer Function: Sigmoid

Connections:FULL

Training Information:

Iterations: 20000

Training Error: 0.012345

Test Set Error: 0.012244

Learn Rate: 0.024989

Momentum Factor: 0.800000

Fast-Prop Coef: 0.000000

Input Node File: A:\data\data.txt

Input Start Column: 1

Normalize Inputs: YES

Output Node File: A:\data\data.txt

Output Start Column:17

Normalize Outputs: YES

Training Patterns: 80

Test Patterns: 10

Inclusion Method: RANDOM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Name: network5

Number of Layers: 4

Input Layer : Nodes: 16 Transfer Function: Linear

Hidden Layer 1 : Nodes: 6 Transfer Function: Sigmoid

Hidden Layer 2 : Nodes: 5 Transfer Function: Sigmoid

Output Layer : Nodes: 3 Transfer Function: Sigmoid

Connections:FULL

Training Information:

Iterations: 20000

Training Error: 0.011970

Test Set Error: 0.012820

Learn Rate: 0.016183

Momentum Factor: 0.800000

Fast-Prop Coef: 0.000000

Input Node File: A:\data\data.txt

Input Start Column: 1

Normalize Inputs: YES

Output Node File: A:\data\data.txt

Output Start Column:17

Normalize Outputs: YES

Training Patterns: 80

Test Patterns: 10

Inclusion Method: RANDOM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Name: network6

Number of Layers: 4

Input Layer : Nodes: 16 Transfer Function: Linear

Hidden Layer 1 : Nodes: 6 Transfer Function: Sigmoid

Hidden Layer 2 : Nodes: 6 Transfer Function: Sigmoid

Output Layer : Nodes: 3 Transfer Function: Sigmoid

Connections:FULL

Training Information:

Iterations: 20000

Training Error: 0.011071

Test Set Error: 0.014756

Learn Rate: 0.038775

Momentum Factor: 0.800000

Fast-Prop Coef: 0.000000

Input Node File: A:\data\data.txt

Input Start Column: 1

Normalize Inputs: YES

Output Node File: A:\data\data.txt

Output Start Column:17

Normalize Outputs: YES

Training Patterns: 80

Test Patterns: 10

Inclusion Method: RANDOM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Statistics

Network Name: network1

Iterations: 20000

TRAINING DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.13830	-0.00286	0.29402	0.99899
2	0.21906	0.00252	0.59020	0.99754
3	0.15510	0.00067	0.64143	0.99876

TEST DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.10313	0.04223	0.24231	0.99943
2	0.23552	-0.07810	0.47941	0.99364
3	0.07983	-0.00178	0.15105	0.99934

Network Name: network2

Iterations: 20000

TRAINING DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.11951	-0.00281	0.25860	0.99926
2	0.20613	-7.9516e-05	0.65239	0.99770
3	0.13551	0.00135	0.57976	0.99898

TEST DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.42821	-0.10872	1.28928	0.98626
2	0.23015	0.01609	0.55552	0.99736
3	0.28568	0.09759	0.75216	0.99665

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Name: network3

Iterations: 20000

TRAINING DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.15447	-0.00113	0.32789	0.99876
2	0.22359	0.00060	0.70000	0.99742
3	0.16313	0.00076	0.54455	0.99855

TEST DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.15428	-0.06638	0.25715	0.99853
2	0.27825	-0.07124	0.61193	0.99403
3	0.11498	0.05050	0.21351	0.99950

Network Name: network4

Iterations: 20000

TRAINING DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.15268	-0.00079	0.36182	0.99879
2	0.21739	-0.00081	0.56472	0.99748
3	0.15078	0.00053	0.58853	0.99878

TEST DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.10910	0.02523	0.20542	0.99886
2	0.24489	0.05820	0.58495	0.99811
3	0.14110	0.05231	0.27460	0.99943

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Name: network5

Iterations: 20000

TRAINING DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.13677	-0.00238	0.28479	0.99903
2	0.21652	-0.00160	0.60155	0.99764
3	0.14878	-0.00097	0.52810	0.99885

TEST DATA:

Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.11565	0.01992	0.20241	0.99467
2	0.27242	-0.12349	0.51296	0.99098
3	0.11418	0.03638	0.25006	0.99893

Network Name: network6

Iterations: 20000

TRAINING DATA:

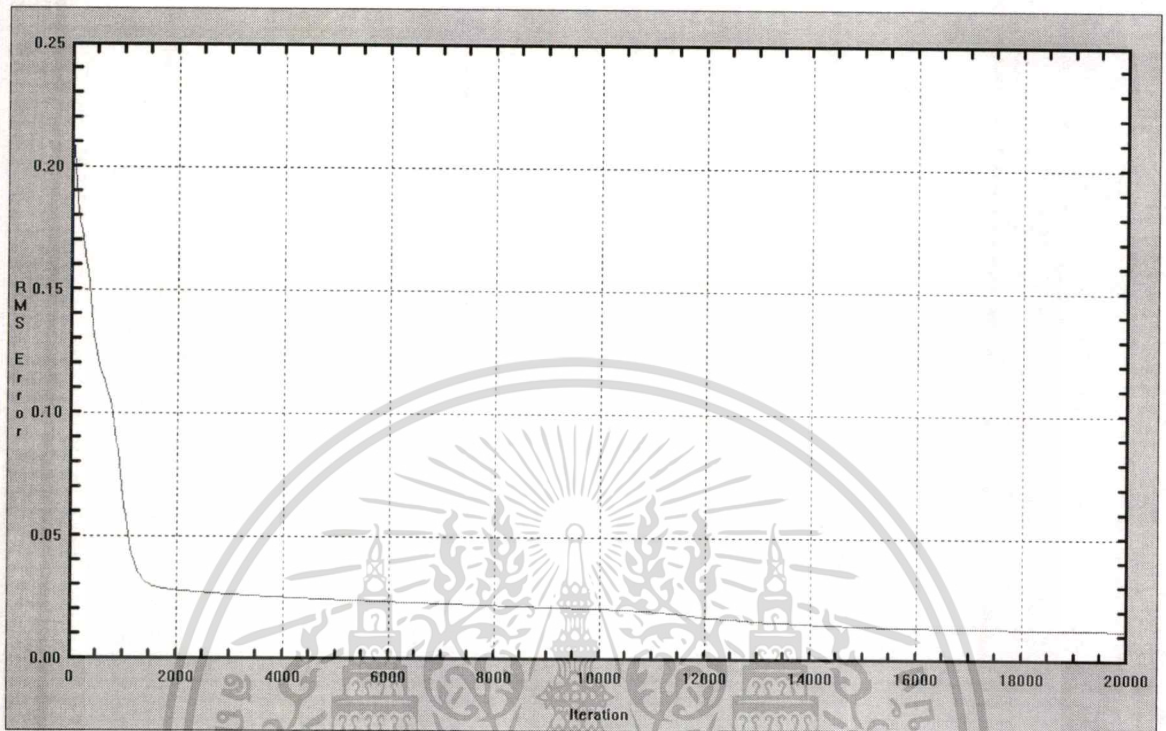
Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.10619	-0.00050	0.25750	0.99937
2	0.21442	-0.00179	0.60015	0.99761
3	0.13338	-0.00238	0.45079	0.99909

TEST DATA:

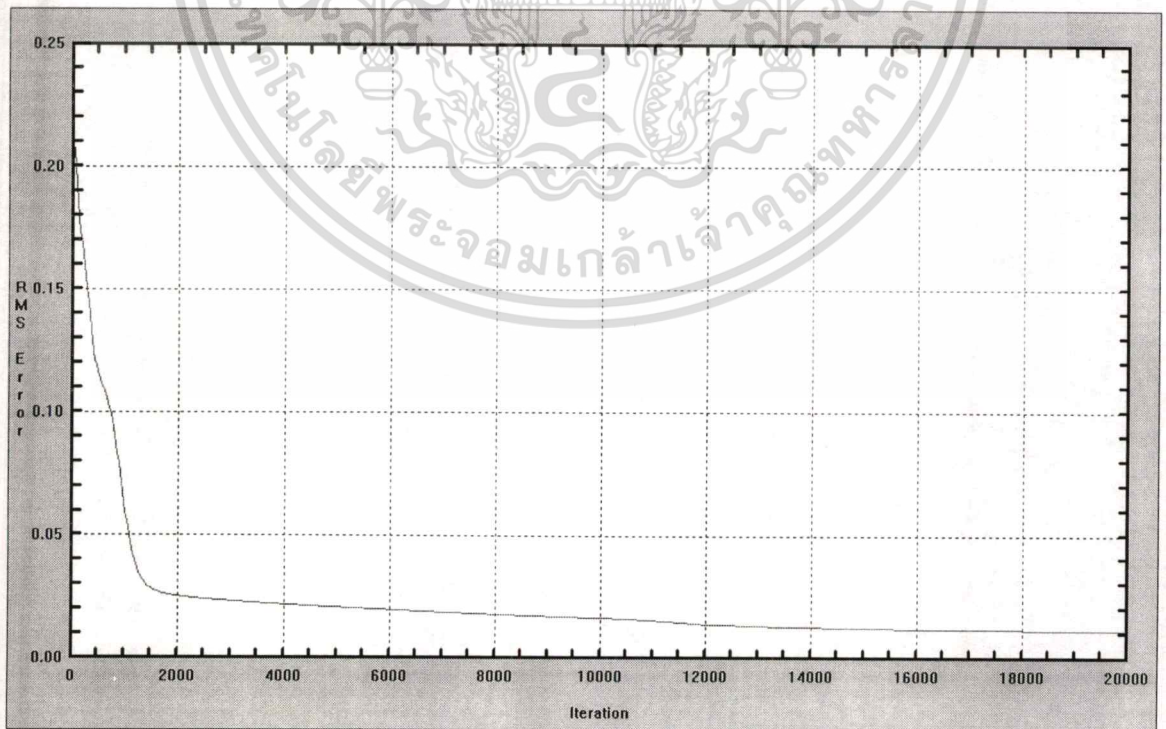
Node	Std Dev	Bias	Max Error	Correlation
1	0.19782	-0.08657	0.37757	0.99837
2	0.27935	0.09448	0.71581	0.99780
3	0.12701	0.01113	0.30769	0.99846

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

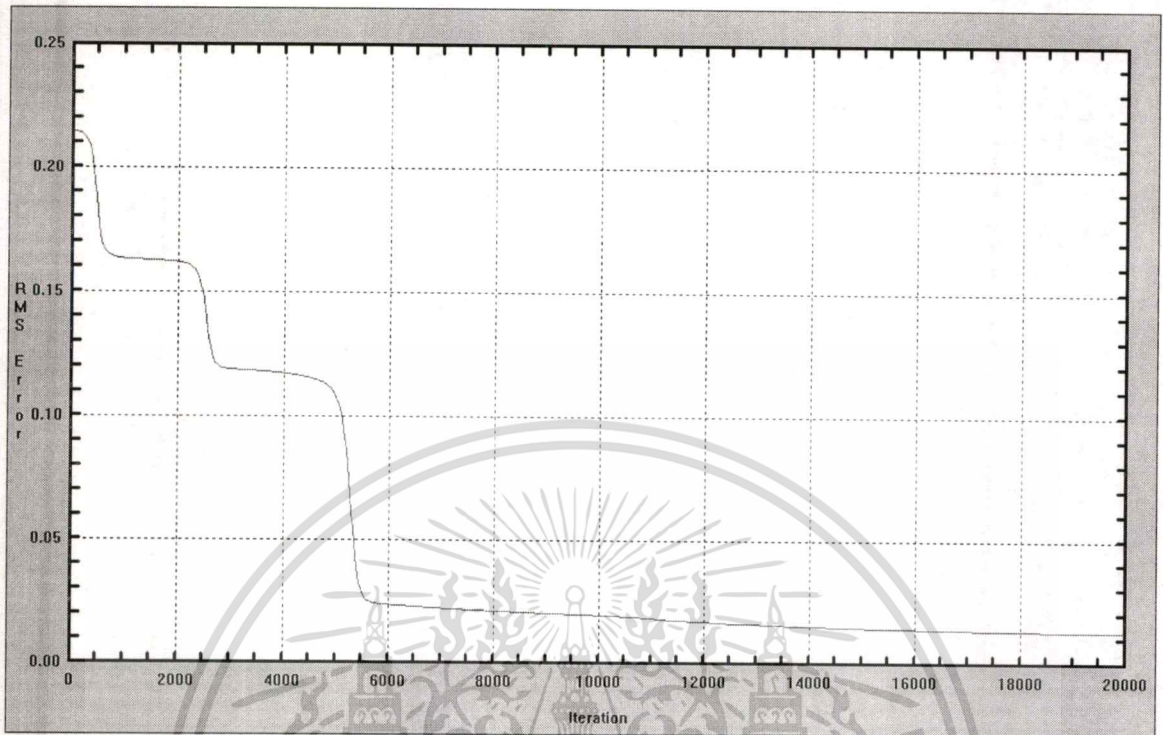
Root-Mean-Square error



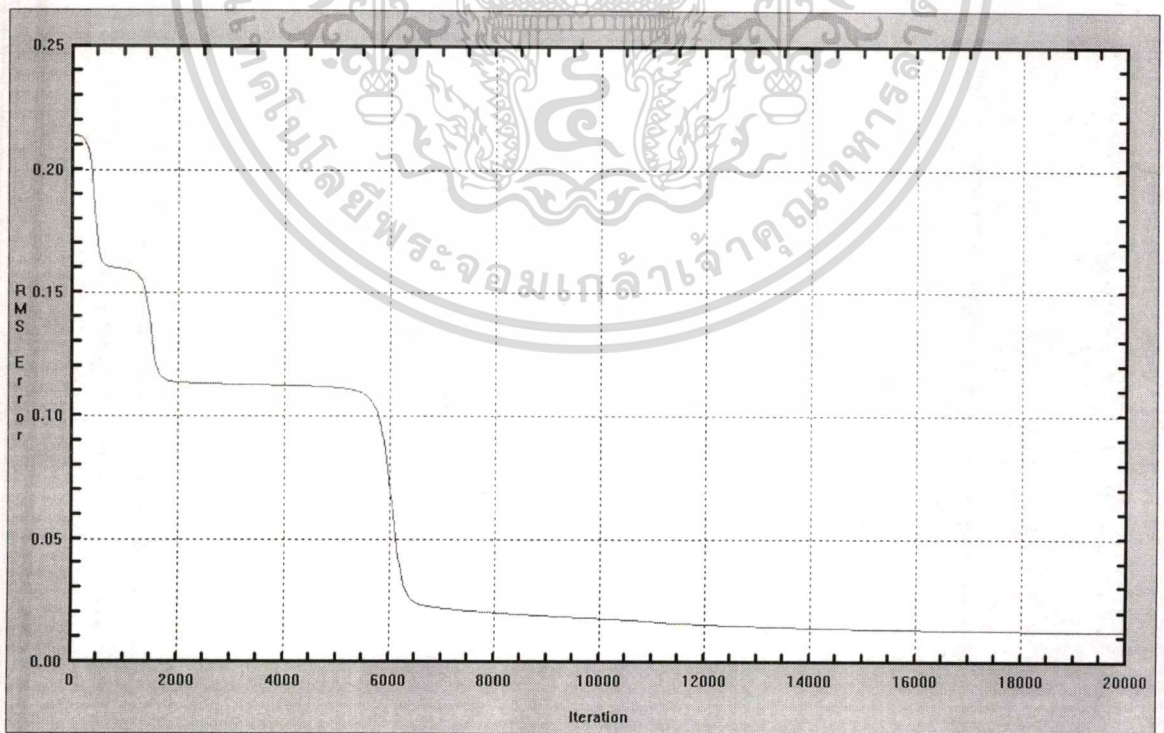
RMS. network1 Train data



RMS. Network2 Train data
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

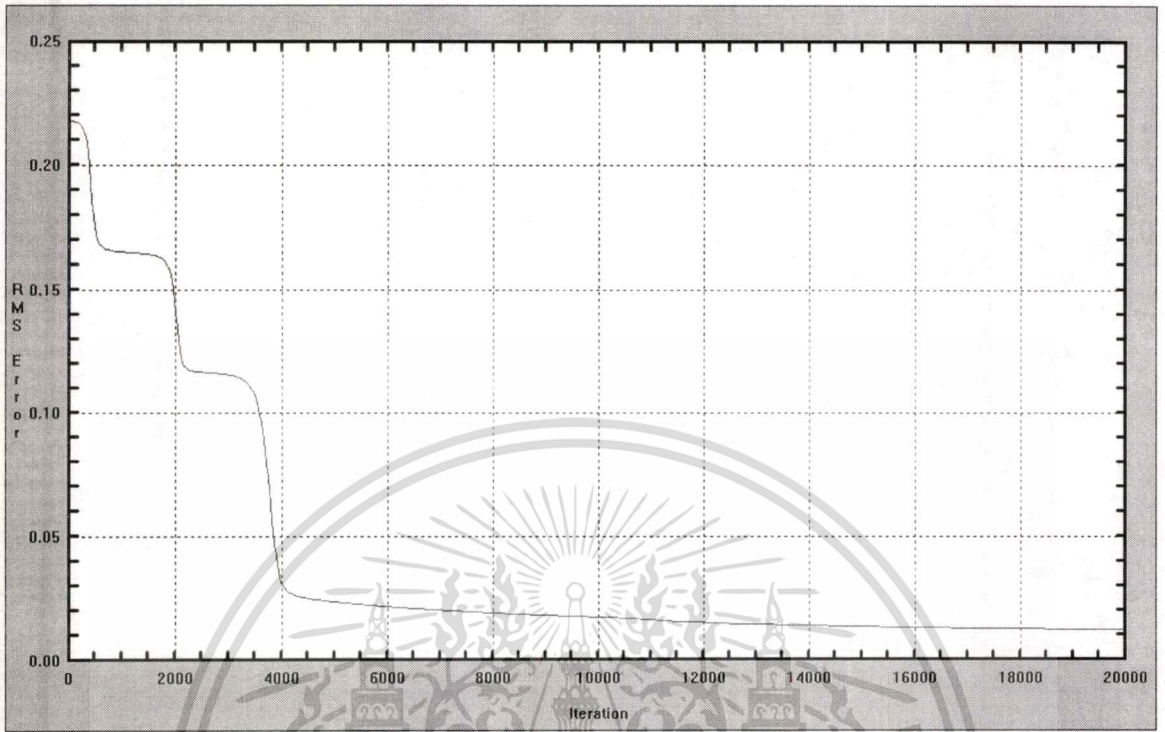


RMS. Network3 Train data

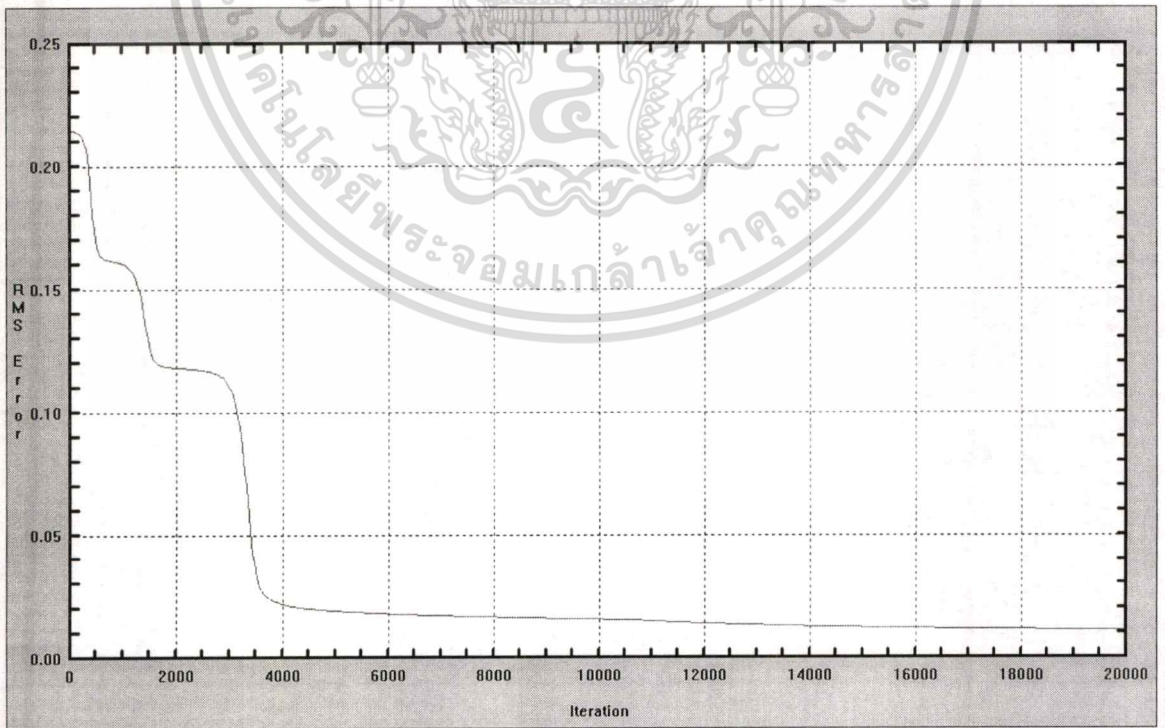


RMS. Network4 Train data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RMS. Network5 Train data



RMS. Network6 Train data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน นายจาดูรนต์ อังศุสิงห์
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2518
 สถานที่เกิด กรุงเทพฯ
 ประวัติการศึกษา
 วุฒิมัธยมศึกษา ปริญญาตรี สาขาบริหารธุรกิจ
 สถานศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา
 ปีที่สำเร็จการศึกษา พ.ศ.2540
 ประวัติการทำงาน
 พ.ศ.2540-2545 บริษัทฮิตาชิ คอนซูมเมอร์ โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด
 ตำแหน่ง รองหัวหน้าหน่วยบัญชีต้นทุน