การออกแบบระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับรถไฟฟ้าอัจฉริยะ

นายธนกร ดียิ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2557

DESIGN OF NEURAL NETWORK - BASED RFID SYSTEM FOR SMART ELECTRIC VEHICLE

Thanakorn Deeying

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Telecommunication Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2014

การออกแบบระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม สำหรับรถไฟฟ้าอัจฉริยะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีอนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.กิตติ อัตถกิจมงคล)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ร.อ. ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว)
กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ธนกร ดียิ่ง : การออกแบบระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับรถไฟฟ้าอัจฉริยะ (DESIGN OF NEURAL NETWORK - BASED RFID SYSTEM FOR SMART ELECTRIC VEHICLE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์, 169 หน้า.

ในงานวิจัยนี้ มีการเสนอระบบการระบุตัวตนยานพาหนะด้วยเทคโนโลยีการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เราได้พัฒนาสมาร์ทโหนด (Smart node) ที่มีทั้งเครื่องอ่านชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุและความสามารถในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย มีการติดตั้งแท็กส์ไว้ที่ยานพาหนะ เมื่ออ่านแท็กส์ได้ข้อมูลตัวตนของยานพาหนะจะถูกส่งให้แก่เครื่องอ่าน เมื่อเครื่องอ่านได้รับข้อมูลตัวตน เครื่องอ่านจะรายงานถึงยานพาหนะที่พบไปยังศูนย์ควบคุมโดยผ่านทางเครือข่ายไร้สาย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบที่นำเสนอสามารถทำงานได้จริงโดยการทำงานทั้งหมดของระบบรวมถึงการเก็บข้อมูล การส่งข้อมูลแบบไร้สาย และการระบุตัวตนของยานพาหนะแบบเวลาจริง นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ได้มีการนำเสนอระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ มีการสร้างเครือข่ายประสาทเทียม 3 เครือข่าย หนึ่งเครือข่ายสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ หนึ่งเครือข่ายสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครือข่ายที่ 3 สำหรับตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย หากสมาร์ทโหนดเกิดความผิดปกติขึ้นอัลกอริทึมสามารถตรวจพบอุปกรณ์ที่เกิดความผิดปกติและรายงานผลได้อย่างรวดเร็ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

THANAKORN DEEYING : DESIGN OF NEURAL NETWORK - BASED RFID SYSTEM FOR SMART ELECTRIC VEHICLE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. FLT.LT. PRAYOTH KUMSAWAT, Ph.D., 169 PP.

VEHICLES IDENTIFICATION/RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION/ WIRELESS SENSOR NETWORKS/ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

This research proposes the vehicles identification system based on RFID and wireless sensor network technologies for vehicles identification. We have developed a smart node that has RFID reader and networking abilities. RFID tags are affixed to vehicle windscreens. When the tags are read, vehicles identity is entered into a RFID reader. Once the reader has received the identity, the reader will report the vehicle arrival or departure data to the control center via the ZigBee wireless networks. The experiment results demonstrate that the proposed system is feasible. All functions of the system including information collection, wireless transmission and real-time vehicles identification are realized.Furthermore, this research also proposes fault detection in smart node based on back-propagation neural networks. Three neural networks are built one for fault detection of RFID, one for fault detection of microcontroller and a third for fault detection ofZigBee device. If the fault of smart node occurs, the algorithm can detect the fault devices and report it rapidly.

School of Telecommunication Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2014 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัยจากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อัตถกิจมงคล หัวหน้าสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และรองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว ผู้อำนวยการศูนย์คอมพิวเตอร์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่องานวิทยานิพนธ์นี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้จัดทำขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้จัดทำตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

ธนกร ดียิ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 2
1.4 วิธีดำเนินการวิทยานิพนธ์และสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์ 3
2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 บทนำ 4
2.2 ระบบ RFID 4
2.2.1 องค์ประกอบของระบบ RFID 5
2.2.2 แท็กส์ หรือ ทรานสปอนเดอร์ 5
2.2.3 ตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) 9
2.2.4 ลักษณะการทำงานของระบบ RFID 9
2.2.5 วิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างแท็กส์และเครื่องอ่าน 10
2.2.6 หลักการทำงานของระบบ RFID 11
2.3 เครือข่ายไร้สาย ZIGBEE 15
2.3.1 คุณสมบัติของ Zigbee 16
2.3.2 ส่วนประกอบของ Zigbee 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 โครงสร้างของ Zigbee 17
2.4 สมองกลฝังตัว (EMBEDDED SYSTEM) 18
2.4.1 ระบบปฏิบัติการสำหรับสมองกลฝังตัว 19
2.4.2 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาของระบบสมองกลฝังตัว 19
2.4.3 คุณสมบัติของสมองกลฝังตัวที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ 19
2.5 เครือข่ายประสาทเทียม (NEURAL NETWORK) 23
2.5.1 สถาปัตยกรรมเครือข่าย (Network Architecture) 24
2.5.2 เครือข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (Backpropagation Neural Network) 26
2.6 การทบทวนวรรณกรรม / สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง 27
2.7 สรุป 29
3 การระบุตำแหน่งรถไฟฟ้า 30
3.1 บทนำ 30
3.2 การออกแบบระบบการส่งข้อมูล 30
3.3 การออกแบบสมาร์ทโหนด (SMART NODE) 30
3.4 การออกแบบศูนย์ควบคุม 36
3.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมฐานข้อมูล 38
3.6 การทดสอบระบบระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้า 40
3.6.1 ขั้นตอนการทดสอบ 40
3.6.2 ผลการทดสอบ 43
3.6.3 การคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าในเส้นทางที่ 1 และเส้นทางที่ 2 57
3.7 สรุป 58
4 การตรวจสอบความผิดปกติในการทำงานของสมาร์ทโหนด 59
4.1 บทนำ 59
4.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 หลักการการออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติสมาร์ทโหนด....60
4.3.1 เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์....62
4.3.2 เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของ RFID....89
4.3.3 เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee....112
4.4 การสร้างระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด....139
4.5 ผลการทดสอบ....146
4.5.1 ขั้นตอนการทดสอบ....148
4.5.2 ผลการทดสอบ....150
4.6 สรุป....157
5 บทสรุป....158
5.1 สรุปผลวิทยานิพนธ์....158
5.2 แนวทางพัฒนาต่อไปในอนาคต....159
รายการอ้างอิง....161
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่....163
ประวัติผู้เขียน....169

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สาย 15
2.2 โครงสร้าง ZIGBEE 18
3.1 สรุปผลการทดสอบในเส้นทางที่ 1 51
3.2 สรุปผลการทดสอบในเส้นทางที่ 2 57
4.1 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 63
4.2 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนแรกของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ 64
4.3 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สองของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ 72
4.4 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ 81
4.5 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ 82
4.6 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID 89
4.7 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนแรกของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID 90
4.8 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สองของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID 98
4.9 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID 104
4.10 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ RFID 105

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.11 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม
สำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ ZIGBEE....112
4.12 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนแรกของเครือข่าย
ประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ ZIGBEE....113
4.13 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สองของเครือข่าย
ประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ ZIGBEE....121
4.14 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่าย
ประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ ZIGBEE....131
4.15 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่าย
ประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ ZIGBEE....132
4.16 พารามิเตอร์เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ
ไมโครคอนโทรลเลอร์....142
4.17 พารามิเตอร์เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID....143
4.18 พารามิเตอร์เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ ZIGBEE....143
4.19 ผลการทดสอบระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์โหนด....152
4.20 ผลการทดสอบระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์โหนดเมื่อเปลี่ยน
ZIGBEE ที่ติดตั้งในสมา ร์ทโหนด....156

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ RFID....5
2.2 การอ่าน/เขียนข้อมูลอย่างง่ายของ RFID....7
2.3 แท็กส์ในรูปแบบต่าง ๆ....8
2.4 แผนผังการทำงานของระบบ RFID....10
2.5 การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า....12
2.6 ตัวอย่างสัญญาณ Amplitude modulation....13
2.7 การติดต่อกันระหว่างเครื่องอ่านและแท็กส์....13
2.8 ตัวอย่างของวงจร Voltage Doubler....14
2.9 ตัวอย่างภาครับของ RFID....14
2.10 ปริมาณการใช้ Throughput ของมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแบบต่าง ๆ....16
2.11 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ Zigbee....17
2.12 โครงสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega64/128....22
2.13 โครงสร้างของบอร์ด ARM9 SAMSUNG S3C2440....23
2.14 จอแสดงผล LCD ขนาด 7 นิ้ว แปป TFT....23
2.15 พารามิเตอร์ของเครือข่ายชั้นเดียวในรูปของเมติกซ์....26
2.16 พารามิเตอร์ของเครือข่ายหลายชั้นในรูปของเมติกซ์....26
3.1 แผนภาพระบบการรับ - ส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สาย Zigbee....31
3.2 อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในสมาร์ทโหนด....31
3.3 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในสมาร์ทโหนด....31
3.4 วงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม....31
3.5 PCB ของวงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม....33
3.6 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์....34
3.7 หน้าต่างการตั้งค่าใน X-CTU หน้า PC Settings....35
3.8 หน้าต่างการตั้งค่าใน X-CTU หน้า Modem Configuration....35
3.9 การตั้งค่า Zigbee Coordinator....36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.10 โปรแกรมฐานข้อมูล 37
3.11 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ของศูนย์ควบคุม 38
3.12 โปรแกรมอ่านข้อมูลที่รับได้จาก Zigbee แล้วนำมาแสดงผล 39
3.13 ข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลในส่วนของเวลาที่แต่ละสถานี 39
3.14 ข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลในส่วนของแต่ละสถานี 40
3.15 ข้อมูลแต่ละแท็กส์ 40
3.16 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 41
3.17 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2 42
3.18 รถไฟฟ้าติดตั้งแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ 43
3.19 สมาร์ทโหนด 44
3.20 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Zigbee กับคอมพิวเตอร์ 44
3.21 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 45
3.22 ค่าที่ได้เมื่อมีรถไฟฟ้าวิ่งผ่าน 46
3.23 การเลือกแสดงผลข้อมูลของแต่ละแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ 47
3.24 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 1 47
3.25 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2 48
3.26 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3 48
3.27 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 4 49
3.28 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 5 49
3.29 ข้อมูลของสถานีที่ 1 50
3.30 ข้อมูลของสถานีที่ 2 50
3.31 ข้อมูลของสถานีที่ 3 51
3.32 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2 52
3.33 ค่าที่ได้เมื่อมีรถไฟฟ้าวิ่งผ่าน 53
3.34 การเลือกแสดงผลข้อมูลของแต่ละแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ 54
3.35 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 1 54
3.36 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2 55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.37 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3 55
3.38 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 1 56
3.39 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 2 56
3.40 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 3 57
4.1 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด 60
4.2 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlim 65
4.3 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlims 66
4.4 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin 67
4.5 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Poslin 68
4.6 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Logsig 69
4.7 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Tansig 70
4.8 ผลการทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Radbas 71
4.9 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig 73
4.10 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig 74
4.11 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig 75
4.12 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Logsig 76
4.13 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Tansig 77
4.14 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig 78
4.15 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig 79

4.16 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig 80
4.17 แผนภาพเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 86
4.18 ผลจากการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม 86
4.19 กราฟ Performance ของการฝึกสอน 87
4.20 กราฟ Gradient Mu และ Validation Checks ของการฝึกสอน 87
4.21 กราฟ Regression ของการฝึกสอน 88
4.22 กราฟ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน 88
4.23 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlim 91
4.24 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlims 92
4.25 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin 93
4.26 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Poslin 94
4.27 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Logsig 95
4.28 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Tansig 96
4.29 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Radbas 97
4.30 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Radbas 99
4.31 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig 100
4.32 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Logsig 101
4.33 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig 102
4.34 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig 103
4.35 แผนภาพเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ RFID 109
4.36 การฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม 109
4.37 กราฟ Performance ของการฝึกสอน 110
4.38 กราฟ Gradient Mu และ Validation Checks ของการฝึกสอน 110

4.39 กราฟ Regression ของการฝึกสอน....111
4.40 กราฟ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน....111
4.41 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlim....114
4.42 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlims....115
4.43 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin....116
4.44 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Poslin....117
4.45 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Logsig....118
4.46 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Tansig....119
4.47 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Radbas....120
4.48 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Radbas....122
4.49 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig....123
4.50 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Logsig....124
4.51 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig....125
4.52 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig....126
4.53 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Logsig....127
4.54 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Radbas....128
4.55 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Radbas....129
4.56 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Radbas....130
4.57 แผนภาพเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee....136
4.58 การฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม....137
4.59 กราฟ Performance ของการฝึกสอน....137
4.60 กราฟ Gradient Mu และ Validation Checks ของการฝึกสอน....138

4.61 กราฟ Regression ของการฝึกสอน....138
4.62 กราฟ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน....139
4.63 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด....140
4.64 ระบบสมองกลฝังตัวที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ของเครือข่ายไร้สาย Zigbee....141
4.65 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติ....145
4.66 แผนที่เส้นทางและจุดที่ติดตั้งสมาร์ทโหนด....146
4.67 สมาร์ทโหนด....147
4.68 ระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดที่ติดตั้งภายในรถยนต์ที่ใช้ในการตรวจสอบ....148
4.69 แท็กส์ที่ติดตั้งอยู่กับรถยนต์ที่ใช้ในการตรวจสอบ....149
4.70 โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดพร้อมรับข้อมูลจากสมาร์ทโหนด....149
4.71 โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อได้รับค่าพารามิเตอร์จากสมาร์ทโหนด....150
4.72 โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อได้รับค่าพารามิเตอร์จากสมาร์ทโหนด 2 จุดกรณีไม่มีความผิดพลาด....151
4.73 โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อได้รับค่าพารามิเตอร์จากสมาร์ทโหนดหลายจุดกรณีไม่มีความผิดพลาด....151
4.74 การแจ้งเตือนความผิดปกติของสมาร์ทโหนดกรณี Zigbee ในสมาร์ทโหนดของสถานีที่ 1 ผิดปกติ....154
4.75 การแจ้งเตือนความผิดปกติของสมาร์ทโหนดกรณี Zigbee ในสมาร์ทโหนดของสถานีที่ 2 ผิดปกติ....154
4.76 การแจ้งเตือนความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อผ่านสถานีที่ 3....155
4.77 การแจ้งเตือนความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อผ่านสถานีที่ 1 และ 2 อีกครั้ง....155

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เทคโนโลยีแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติ (Automatic Identification หรือ Auto-ID) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามาเป็นเวลานาน รวมทั้งยังมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในชีวิตประจำวันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นในด้านโลจิสติกส์ ด้านการแพทย์ ด้านการศึกษาและวิจัย ด้านความบันเทิง ด้านการท่องเที่ยว ระบบคลังสินค้า ร้านค้าปลีก หรือแม้กระทั่งในสายการผลิตของอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของทุกคนในสังคมและมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ

วิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification, RFID) ทั้งนี้เพื่อเฝ้าตรวจติดตามและระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าที่กำลังเดินทางว่าอยู่ในบริเวณใด เพื่อให้ศูนย์ควบคุมการเดินรถรับทราบ โดยตัวรถไฟฟ้าจะติดป้ายอิเล็กทรอนิกส์ หรือ Tag ที่สามารถอ่านค่าได้โดยผ่านคลื่นวิทยุโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการสัมผัส (Contact-Less) หรือต้องเห็นแท็กส์นั้น ๆ ก่อน ข้อมูลที่ได้จากระบบ RFID จะถูกส่งผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย (Wireless Sensor Networks, WSN) ที่ใช้เทคโนโลยี Zigbee ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของการประหยัดพลังงาน (Ultra-Low Power Consumption) จำนวนของอุปกรณ์ในเครือข่ายมีได้เป็นจำนวนมาก และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบมีราคาถูก (Low-Cost Node Implementation) โดยเครือข่ายนี้จะเป็นเครือข่ายหลักในการรับส่งข้อมูลจากระบบ RFID กลับมายังศูนย์ควบคุม และยังมีการใช้งานระบบเครือข่ายประสาทเทียม หรือ Neural Network ซึ่งเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่มีการทำงานคล้ายกับสมองของมนุษย์ ร่วมกันกับระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ซึ่งเป็นระบบประมวลผล ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่ฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ที่ใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อออกแบบระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

2. เพื่อออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการรับส่งข้อมูลจากระบบ RFID กลับมายังศูนย์ควบคุม

3. เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในด้านระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับระบบสมองกลฝังตัว (Wireless Embedded System) เพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดงานวิจัยในอนาคต

4.เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในด้านระบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดงานวิจัยในอนาคต

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ทำการออกแบบระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าโดยใช้ระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และควบคุมการทำงานของระบบย่อยทั้งหมดด้วยระบบสมองกลฝังตัว

2. ทำการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการรับส่งข้อมูลจากระบบ RFID กลับมายังศูนย์ควบคุม

3. ทำการทดสอบการทำงานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานโปรโตคอล Zigbee/IEEE 802.15.4

4. ทำการออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบหาความผิดพลาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเครือข่ายไร้สาย

1.4 วิธีดำเนินการวิทยานิพนธ์และสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

1. ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

2. ทำการออกแบบระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

3. ทำการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการรับส่งข้อมูลของระบบ RFID

4. ทำการจำลองระบบการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

5. ทำการสร้างชุดต้นแบบระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้า

6. ทำการทดสอบระบบและปรับปรุงระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้า

7. ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับระบบสมองกลฝังตัวและระบบเครือข่ายประสาทเทียม

8. ทำการออกแบบระบบเครือขายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของระบบเครือข่ายไร้สาย

9. ทำการประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายประสาทเทียมบนระบบสมองกลฝังตัว

10. ทำการทดสอบระบบและปรับปรุงระบบเครือข่ายประสาทเทียมบนระบบสมองกลฝังตัว

11. เก็บรวบรวมผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลและจัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และหมู่บ้านสุรสวัสดิ์แลนด์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

1. ได้ระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้ เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

2. ได้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการรับส่งข้อมูลของระบบ RFID

3. ได้เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ในระบบการรับส่งข้อมูล

4. ได้องค์ความรู้ใหม่ในด้านระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

5. ได้องค์ความรู้ใหม่ในด้านระบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

6. ได้บทความ เผยแพร่ระดับชาติ และ/หรือระดับนานาชาติ

7. ผลที่ได้จากวิทยานิพนธ์ จะนำไปสอนนักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรีและปริญญาโท เพื่อให้เป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

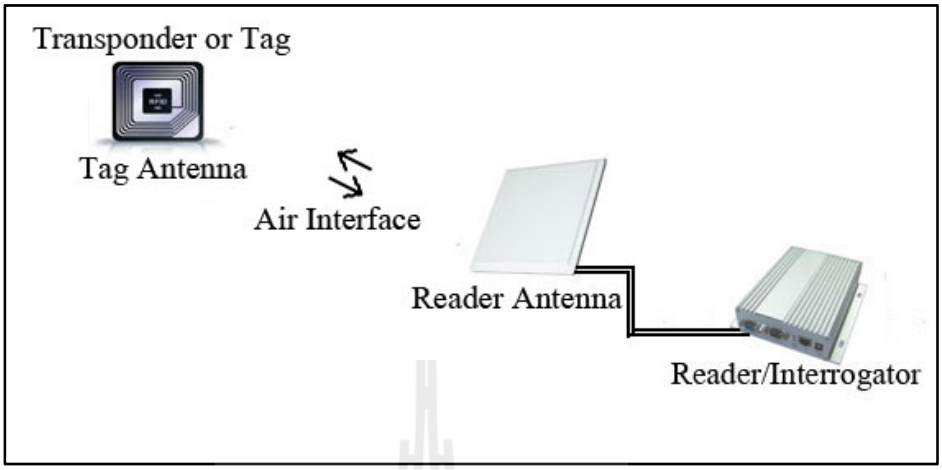
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่ใช้ โดยจะได้กล่าวถึงหลักการทำงานของ RFID Zigbee เครือข่ายประสาทเทียม และระบบสมองกลฝังตัว และกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้องเป็นส่วนสุดท้าย

2.2 ระบบ RFID

RFID ย่อมาจากคำว่า Radio Frequency Identification เป็นระบบฉลากหรือป้ายอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เพื่อวัตถุประสงค์หลักในการใช้งานที่ระบบฉลากแบบบาร์โค้ดไม่สามารถใช้ได้ โดยจุดเด่นของ RFID คือ ความสามารถในการอ่านข้อมูลของฉลากได้โดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัส สามารถอ่านค่าได้แม่นยำแม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก และสามารถอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง

ปัจจุบันมีการนำ RFID มาประยุกต์ใช้งานหลากหลายไม่ว่าจะเป็นในบัตรชนิดต่าง ๆ เช่น บัตรประจำตัวประชาชน บัตรเอทีเอ็ม บัตรสำหรับผ่านเข้าออกห้องพัก บัตรโดยสารของสายการบิน บัตรจอดรถ ในฉลากของสินค้าหรือแม้แต่ใช้ฝังลงในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติ เป็นต้น การนำ RFID มาใช้งานก็เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบการผ่านเข้าออกบริเวณใดบริเวณหนึ่ง หรือเพื่ออ่านหรือเก็บข้อมูลบางอย่างเอาไว้ ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่เป็นฉลากสินค้า RFID ก็จะถูกนำมาใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า เพื่อให้สามารถทราบถึงที่มาที่ไปของสินค้าชิ้นนั้น ๆ ได้ เป็นต้น สำหรับรูปแบบของเทคโนโลยี RFID ที่ใช้ในการดังกล่าวก็มีทั้งแบบสมาร์ดการ์ด (Smart Card) ที่สามารถถูกเขียนหรืออ่านข้อมูลออกมาได้โดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับเครื่องอ่านบัตรหรือคอนแทคเลสสมาร์ดการ์ด (Contact Less Smart Card) เหรียญ ป้ายชื่อหรือฉลากซึ่งมีขนาดเล็กมากจนสามารถแทรกลงระหว่างชั้นของเนื้อกระดาษหรือฝังเอาไว้ในตัวสัตว์

2.2.1 องค์ประกอบของระบบ RFID



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ RFID

องค์ประกอบในระบบ RFID จะมีหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนแรกคือฉลากหรือป้ายขนาดเล็กที่จะถูกผนึกอยู่กับวัตถุที่เราสนใจ โดยฉลากนี้จะทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้น ๆ เอาไว้ ฉลากดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า ทรานสพอนเดอร์ (Transponder, Transmitter & Responder) หรือที่เรียกกันโดยทั่ว ๆ ไปว่า “แท็กส์” (Tag) ส่วนที่สองก็คืออุปกรณ์สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลภายในแท็กส์ มีชื่อเรียกอย่างรวม ๆ ว่า ทรานสซิฟเวอร์ (Transceiver, Transmitter & Receiver) หรือที่เรียกกันโดยทั่ว ๆ ไปว่า “เครื่องอ่าน” (Reader) ทั้งสองส่วนติดต่อสื่อสารถึงกันโดยอาศัยคลื่นความถี่วิทยุ สัญญาณนี้ผ่านได้ทั้งโลหะและอโลหะแต่ละไม่สามารถติดต่อกับเครื่องอ่านให้อ่านได้โดยตรง เมื่อเครื่องอ่านส่งข้อมูลผ่านความถี่วิทยุในรูปที่ 2.1 แสดงถึงความต้องการข้อมูลที่ถูกระบุไว้จากป้าย ป้ายจะตอบข้อมูลกลับและเครื่องอ่านจะส่งข้อมูลต่อไปยังส่วนประมวลผลหลักของคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องอ่านจะติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายเครือข่าย LAN (Local Area Network) หรือส่งผ่านทางความถี่วิทยุจากทั้งอุปกรณ์มีสายและอุปกรณ์ไร้สาย

2.2.2 แท็กส์ หรือ ทรานสปอนเดอร์

แท็กส์นั้นเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าทรานสปอนเดอร์มาจากคำว่า ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) ผสมกับคำว่าเรสปอนเดอร์ (Responder) ถ้าจะแปลให้ตรงตามศัพท์ แท็กส์ก็จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณหรือข้อมูลที่บันทึกอยู่ในแท็กส์ตอบสนองไปที่ตัวอ่านข้อมูล การสื่อสารระหว่าง

แท็กส์และตัวอ่านข้อมูลจะเป็นการสื่อสารกันโดยอาศัยช่องความถี่วิทยุผ่านอากาศ โครงสร้างภายในแท็กส์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ ส่วนของไอซี (Integrated Circuit) ซึ่งเป็นชิปสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Chip) และส่วนของขดลวดซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับส่งข้อมูลโดยทั้งสองส่วนนี้จะเชื่อมต่ออยู่ด้วยกัน

ไอซีของแท็กส์ที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็น หรือไปจนถึงขนาดใหญ่จนสะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปโครงสร้างภายในส่วนที่เป็นไอซีของแท็กส์นั้นก็จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่

1. ส่วนของการควบคุมภาครับส่งสัญญาณวิทยุ สำหรับโครงสร้างของส่วนนี้ประกอบด้วยภาคมอดูเลต (Modulation) และภาคดีมอดูเลต (Demodulation) (สำหรับรับส่งข้อมูลระหว่างแท็กส์กับตัวเครื่องอ่าน) และวงจรกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

2. ส่วนของการควบคุมภาคดิจิตอล ซึ่งรับหน้าที่จัดการเกี่ยวกับกระบวนการทางดิจิตอลทั้งหมด โครงสร้างหลัก ๆ ของส่วนการทำงานนี้ประกอบด้วย ส่วนบันทึกข้อมูล (ประกอบด้วยหน่วยความจำแรม (RAM) รอม (ROM) อีอีพรอม (EEPROM)) ส่วนของการเข้ารหัส (Crypts Unit) ส่วนตอบรับสัญญาณร้องขอ (Answer To Request) ส่วนควบคุมและประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Control And Arthritic Unit)

อย่างไรก็ตามโครงสร้างภายในของแท็กส์ที่ต่างผู้ผลิตหรือต่างรุ่นกัน บางครั้งก็อาจมีไม่ครบถ้วนทุกส่วนอย่างที่ได้ยกมา ซึ่งรายละเอียดโครงสร้างตลอดจนรายละเอียดในการทำงานของแท็กส์เบอร์ใด ๆ ก็สามารถดูได้จากดาต้าชีตของบริษัทผู้ผลิตแท็กส์เบอร์นั้น ๆ

ทรานสปอนเดอร์หรือแท็กส์มีลักษณะเป็นไมโครชิฟ (Microchip) ที่ยอมให้ผู้ใช้ติดเข้าระหว่างชั้นของกระดาษหรือพลาสติกที่ใช้ทำป้ายฉลาก ชิฟหรือแท็กส์อาจมีรูปร่างได้หลายแบบขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน โดยอาจมีรูปร่างเหมือนบัตรเครดิตในการใช้งานทั่วไป หรือเล็กขนาดไส้ดินสอยาวเพียง 10 มิลลิเมตร เพื่อฝังเข้าไปใต้ผิวหนังสัตว์ในกรณีนำไปใช้ในงานปศุสัตว์ หรืออาจมีขนาดใหญ่มากสำหรับแท็กส์ที่ใช้ติดกับเครื่องจักรขณะทำการขนส่ง แท็กส์อาจนำไปติดไว้กับสินค้าในร้านค้าปลีกทั่วไปเพื่อป้องกันขโมย โดยจะมีการติดตั้งสายอากาศของตัวอ่านข้อมูลขนาดใหญ่ไว้ตรงประตูทางออกเพื่อทำการตรวจจับขโมย โดยแท็กส์จะรับพลังงานจากสัญญาณ RF เพื่อติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่าน หรือใช้พลังงานจากแบตตารี่ที่บรรจุภายในป้าย ซึ่งเป็นแบตตารี่ Lithium-Lon มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน จึงมักนำมาใช้กับแผ่นป้ายนี้

รูปที่ 2.2 การอ่าน/เขียนข้อมูลอย่างง่ายของ RFID [http://blog.barcoding.com]

แท็กส์จะประกอบไปด้วยสายอากาศที่มีขนาดเล็กที่จะช่วยให้แท็กส์ตอบสนองกับเครื่องอ่าน โดยสายอากาศจะแผ่สัญญาณวิทยุจำนวนหนึ่งออกมา เพื่อกระตุ้นให้แท็กส์อ่านหรือเขียนข้อมูลลงไป สายอากาศสามารถทำได้ทุกขนาดและรูปร่าง เพื่อที่จะสามารถออกแบบให้ติดตั้งได้ทุกที่ และเพื่อให้เกิดความครอบคลุมได้ดีที่สุดในหลาย ๆ ระบบสายอากาศจะถูกติดไปโดยตรงกับ Transceiver เหมือนกับเป็นอุปกรณ์ติดกัน

ชิปที่อยู่ในแท็กส์จะมีหน่วยความจำซึ่งอาจเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือทั้งอ่านทั้งเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน โดยปกติหน่วยความจำแบบ ROM จะใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัย เช่น ข้อมูลของบุคคลที่มีสิทธิผ่านเข้าออกในบริเวณที่มีการควบคุมหรือระบบปฏิบัติการ ในขณะที่ RAM จะใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่แท็กส์และตัวอ่านข้อมูลทำการติดต่อสื่อสารกัน

นอกจากนี้อาจมีการนำหน่วยความจำแบบ EEPROM มาใช้ในกรณีต้องการเก็บข้อมูลในระหว่างที่แท็กส์และตัวอ่านข้อมูลทำการสื่อสาร และข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้จะไม่มีพลังงานไฟฟ้าป้อนให้แก่แท็กส์

แท็กส์ที่มีการใช้งานกันอยู่นั้นจะมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ ๆ โดยแต่ละชนิดก็จะมีความแตกต่างกันในแง่ของการใช้งาน ราคา โครงสร้างและหลักการทำงานอยู่ ซึ่งจะสามารถแยกออกเป็นหัวข้อดังนี้

1. แท็กส์ชนิดแอ็กตีฟ (Active Tag) แท็กส์ชนิดนี้จะมีแบตตาร่ีอยู่ภายในซึ่งใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาดเล็ก เพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แท็กส์ทำงานโดยปกติ โดยแท็กส์ชนิดนี้มีฟังก์ชั่นการทำงานทั่วไปทั้งอ่านและเขียนข้อมูลลงในแท็กส์ได้ และการที่ต้องใช้แบตตาร่ีจึงทำให้แท็กส์ชนิดแอ๊กตีฟมีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตตาร่ี เมื่อแบตตาร่ีหมดก็ต้องนำแท็กส์ไปทิ้งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากจะมีการซีล (Seal) ที่ตัวแท็กส์จึงไม่สามารถเปลี่ยนแบตตาร่ีได้ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถออกแบบวงจรของแท็กส์ให้กินกระแสไฟน้อย ๆ ก็อาจจะมีอายุการใช้งานนานนับสิบปี

แท็กส์ชนิดแอ็กทีฟนี้จะมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ มีกำลังส่งสูงและมีระยะการรับส่งข้อมูลไกลสูงสุดถึง 6 เมตร ซึ่งไกลกว่าแท็กส์ชนิดพาสซีฟ นอกจากนี้ยังทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี แม้แท็กส์ชนิดนี้จะมีข้อดีอยู่หลายข้อแต่ก็มีข้อเสียอยู่ด้วยเหมือนกัน เช่น ราคาต่อหน่วยแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีระยะเวลาในการใช้งานที่จำกัด

2. แท็กส์ชนิดพาสซีฟ (Passive Tag) จะไม่มีแบตตาร่ีอยู่ภายในหรือไม่จำเป็นต้องรับแหล่งจ่ายไฟใด ๆ เพราะจะทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวอ่านข้อมูล (มีวงจรกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กอยู่ในตัว) หรือที่เรียกว่าอุปกรณ์ Transceiver จึงทำให้แท็กส์ชนิดพาสซีฟมีน้ำหนักเบาและเล็กกว่าแท็กส์ชนิดแอ็กทีฟ ราคาถูกกว่าและมีอายุการใช้งานไม่จำกัด แต่ข้อเสียก็คือระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ไกลสุดเพียง 1.5 เมตร ซึ่งเป็นระยะการอ่านที่สั้น มีหน่วยความจำขนาดเล็กซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 32 ถึง 128 บิต และตัวเครื่องอ่านข้อมูลจะต้องมีความไวและกำลังที่สูง นอกจากนี้แท็กส์ชนิดพาสซีฟมักจะมีปัญหาเมื่อนำไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่มีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูงอีกด้วย แต่ข้อได้เปรียบในเรื่องราคาต่อหน่วยที่ต่ำกว่าแท็กส์ชนิดแอ็กทีฟและอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า ทำให้แท็กส์ชนิดพาสซีฟนี้เป็นที่นิยมมากกว่า

ไอซีของแท็กส์ชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ ไปจนถึงขนาดใหญ่จนสะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน

รูปที่ 2.3 แท็กส์ในรูปแบบต่าง ๆ [www.jesic-tech.com]

นอกจากการแท็กส์แบ่งจากชนิดที่ว่ามาแล้วแท็กส์ก็ยังถูกแบ่งประเภทจากรูปแบบในการใช้งานได้เป็น 3 แบบ คือ

1. แบบที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-Write)

2. แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-One, Read-Many หรือ WORM)

3. แบบอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only)

2.2.3 ตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator)

หน้าที่สำคัญของตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ก็คือการรับข้อมูลที่ส่งมาจากแท็กส์ แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสสัญญาณข้อมูลที่ได้รับซึ่งกระทำโดย ไมโครคอนโทรเลอร์ อัลกอริทึมที่อยู่ในเฟิร์มแวร์ (Firmware) ของตัวไมโครคอนโทรเลอร์จะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณ ถอดรหัสสัญญาณที่ได้ และทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไป นอกจากนี้ตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีความสามารถในการป้องกันการอ่านข้อมูลซ้ำ เช่น ในกรณีที่แท็กส์ถูกวางทิ้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวอ่านข้อมูลสร้างขึ้น หรืออยู่ในระยะการรับส่ง ก็อาจทำให้ตัวอ่านข้อมูลทำการรับหรืออ่านข้อมูลจากแท็กส์ซ้ำอยู่เรื่อย ๆ ไม่สิ้นสุด

ดังนั้นตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีระบบป้องกันเหตุการณ์เช่นนี้ที่เรียกว่าระบบ "Hands Down Polling" โดยตัวอ่านข้อมูล จะสั่งให้แท็กส์หยุดการส่งข้อมูลในกรณีเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว

หรืออาจมีบางกรณีที่มีแท็กส์หลายแท็กส์อยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมกัน หรือที่เรียกว่า "Batch Reading" ตัวอ่านข้อมูลควรมีความสามารถที่จะจัดลำดับการอ่านแท็กส์ทีละตัวได้

2.2.4 ลักษณะการทำงานของระบบ RFID

หัวใจของเทคโนโลยี RFID ได้แก่ "Inlay" ที่บรรจุอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับโลหะที่ยืดหยุ่นได้สำหรับการติดตามหรือทำหน้าที่เป็นสายอากาศ Inlay มีความหนาสูงสุดอยู่ที่ 0.375 มิลลิเมตร สามารถทำเป็นแผ่นบางอัดเป็นชั้น ๆ ระหว่างกระดาษ, แผ่นฟิล์ม หรือพลาสติกก็ได้ ซึ่งเป็นการผลิตเครื่องหมายหรือฉลาก จากวัสดุที่มีราคาไม่แพงมากนัก ซึ่งจะเห็นว่า Inlay มีลักษณะรูปร่างที่บางมาก จึงทำให้ง่ายต่อการติดเป็นป้ายชื่อหรือฉลากของชิ้นงานหรือวัตถุนั้น ๆ ได้สะดวก

RFID เป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่เรียกว่า แท็กส์ (Tag) และตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการส่ง มาทำการมอดูเลต (Modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล ดังแผนผังการทำงานของระบบ RFID ในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานของระบบ RFID

การประยุกต์ใช้งาน RFID จะมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายกับบาร์โค้ด (Bar Code) และยังสามารถรองรับความต้องการอีกหลายอย่างที่บาร์โค้ดไม่สามารถตอบสนองได้ เนื่องจากบาร์โค้ดจะเป็นระบบที่อ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่บนบาร์โค้ดได้ แต่แท็กส์ของระบบ RFID จะสามารถทั้งอ่านและบันทึกข้อมูลได้ ดังนั้นเราจึงสามารถเปลี่ยนแปลงหรือทำการบันทึกข้อมูลที่อยู่ในแท็กส์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ระบบ RFID ยังสามารถใช้งานได้แม้ในขณะที่วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น ในขณะสินค้ากำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต (Conveyor) หรือในบางประเทศก็มีการใช้ระบบ RFID ในการเก็บค่าผ่านทางด่วนโดยที่ผู้ใช้บริการทางด่วนไม่ต้องหยุดรถเพื่อจ่ายค่าบริการ ผู้ใช้บริการทางด่วนจะมีแท็กส์ติดอยู่กับรถ และแท็กส์จะทำการสื่อสารกับตัวอ่านข้อมูล

ผ่านสายอากาศขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ตรงบริเวณทางขึ้นทางด่วน ในขณะที่รถแล่นผ่านสายอากาศ ตัวอ่านข้อมูลก็จะคิดค่าบริการและบันทึกจำนวนเงินที่เหลือลงในแท็กส์โดยอัตโนมัติ หรือแม้กระทั่งการใช้งานในปศุสัตว์เพื่อบันทึกประวัติ หรือระบุความแตกต่างของสัตว์แต่ละตัวที่อยู่ในฟาร์ม

ข้อดีของระบบ RFID อีกอย่างก็คือ แท็กส์และตัวอ่านข้อมูลสามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่าง เช่น น้ำ พลาสติก กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่น ๆ ในขณะที่บาร์โค้ดทำไม่ได้

2.2.5 วิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างแท็กส์และเครื่องอ่าน

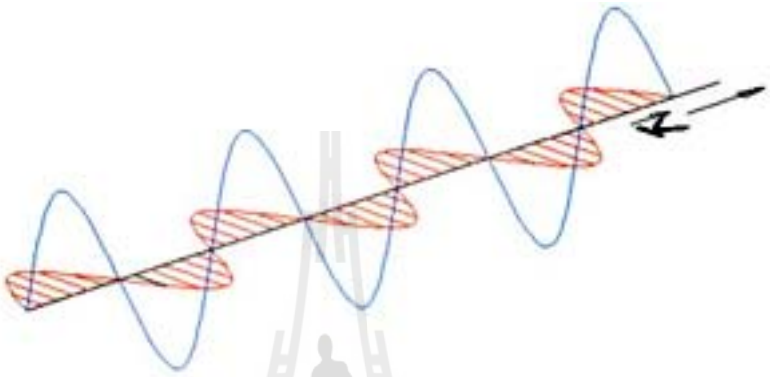
โดยมากมักจะใช้วิธีการมอดูเลตทางแอมปลิจูดหรือใช้การมอดูเลตทางแอมปลิจูดบวกกับการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester Encoded AM) แต่ทว่าในปัจจุบันก็มีแท็กส์ที่ใช้การมอดูเลตแบบอื่น ๆ ด้วย เช่น การมอดูเลชั่นแบบเฟสซีฟคีย์อิ้ง (Phase Shift Keying : PSK) ฟรีเควนซี่ซีฟคีย์อิ้ง (Freqeuecy Shift Keying : FSK) หรือการใช้การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

ในการรับส่งข้อมูลหรือสัญญาณวิทยุระหว่างแท็กส์กับเครื่องอ่าน จะได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเมื่อสายอากาศมีความยาวที่เหมาะสมกับความถี่พาหะที่ใช้งาน เช่น เมื่อความถี่ใช้งานเป็น 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ความยาวของเสาอากาศ (เป็นเส้นตรง) ที่เหมาะสมก็คือ 22.12 แน่นอนว่าในทางปฏิบัติคงไม่สามารถนำเสาอากาศที่ใหญ่ขนาดนั้นมาใช้งานกับแท็กส์ขนาดเล็กได้ สายอากาศที่ดูจะเหมาะจะใช้ร่วมกับแท็กส์มากที่สุดก็คือ สายอากาศที่เป็นขดลวดขนาดเล็กหรือที่มีชื่ออย่างเป็นทางการว่าสายอากาศแบบแมกเนติกไดโพล (Magnetic Dipole Antenna) รูปแบบของสายอากาศแบบนี้ก็จะมีอยู่หลากหลายทั้งแบบที่เป็นขดลวดพันแกนอากาศหรือแกนเฟอร์ไรต์ แบบที่เป็นวงลูปที่ทำขึ้นจากลายทองแดงบนแผ่นวงจรพิมพ์ ทั้งที่เป็นลูปแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ความเหมาะสมในการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามความถี่พาหะและประเภทของงานด้วยเช่นกัน

นอกจากการรับส่งข้อมูลแล้วสายอากาศก็ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับแท็กส์ด้วย โดยอาศัยหลักการทำงานตามแนวคิดของไมเคิล ฟาราเดย์ เรื่องแรงดันเหนี่ยวนำในขดลวดที่เกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็ก (จากเครื่องอ่าน) ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Time-Varying Magnetic Field) พุ่งผ่านสายอากาศของแท็กส์ เมื่อแท็กส์และเครื่องอ่านตั้งอยู่ห่างกันในระยะ 0.16 เท่าของความยาวของคลื่นพาหะที่ใช้ เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า Transformer-Type Coupling ซึ่งเป็นปรากฏการณ์แบบเดียวกับการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (Primary) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) ในทรานสฟอร์เมอร์ (Transformer) จึงเป็นวงจรพื้นฐานสำหรับอธิบายกลไกที่เกิดขึ้นในการส่งข้อมูลของแท็กส์

2.2.6 หลักการทำงานของระบบ RFID

คลื่นวิทยุเป็นส่วนประกอบของสนามไฟฟ้า (Electronic Field) และสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) ซึ่งเดินทางไปทิศทางด้วยกันแต่ทั้งสองสนามจะทำมุมตั้งฉากกัน (Outhogonal) เสมอ โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเดินทางด้วยความเร็ว 299,792,458 เมตรต่อวินาทีซึ่งใกล้เคียงกับความเร็วแสง ที่ 300,000 กิโลเมตร /วินาที



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า [http://www.xsense.co.th]

คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่น่าสนใจ

- ไม่จำเป็นต้องมีตัวกลางในการเคลื่อนที่
- สามารถเปลี่ยนแปลงถ่ายเทพลังงานจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งได้
- สามารถถูกปล่อยออกมาและดูดกลืนได้โดยสสารหรือวัตถุใด
- มีคุณสมบัติในการแทรกสอด สะท้อน หักเห และเลี้ยวเบนได้

ในการนำคลื่นวิทยุมาใช้ในในการบ่งชี้ จะมีหลักการทำงาน 2 วิธีการคือ

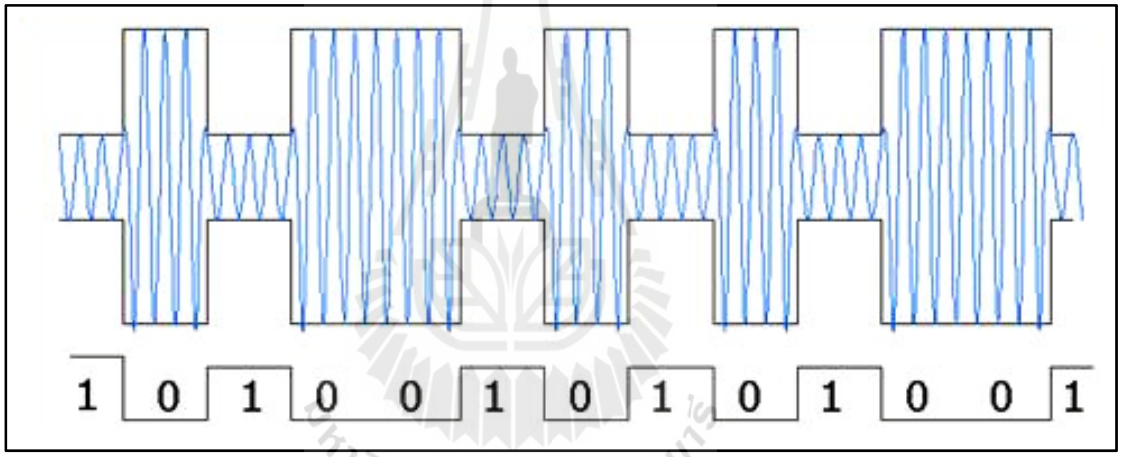
1. RFID ทำงานด้วยหลักการเหนี่ยวนำคลื่นวิทยุ (Inductive Coupling)
2. RFID ทำงานด้วยหลักการแผร่กระจายคลื่นวิทยุ (Propagation Coupling)

ทั้งสองแบบมีการทำงานที่แตกต่างกันทำให้ อุปกรณ์ในทางกายภาพก็จะมีความแตกต่างกันด้วย รายละเอียดของแต่ละวิธีการมีดังนี้

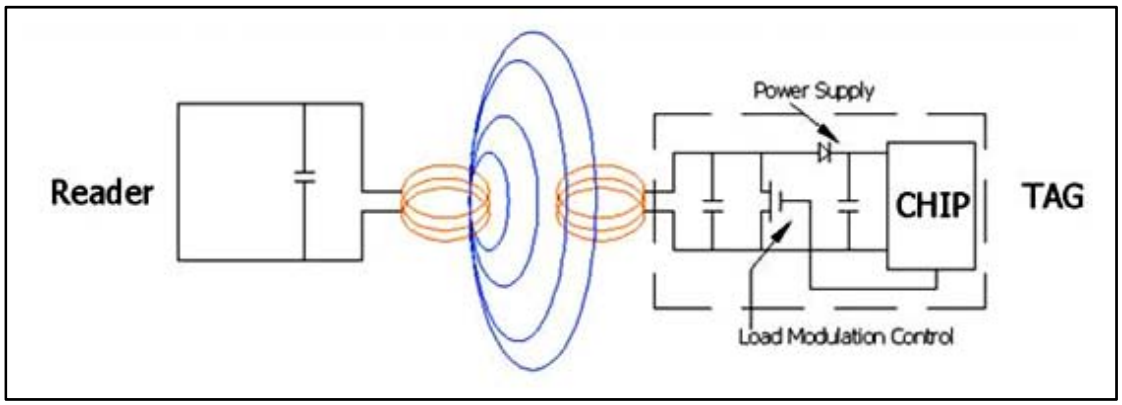
1. RFID ทำงานด้วยหลักการเหนี่ยวนำคลื่นวิทยุ (Inductive Coupling)

เป็นวิธีการที่ใช้กันใน RFID ที่ทำงานในย่านความถี่ต่ำและความถี่สูง ย้อนไปถึงหลักการของคลื่นวิทยุโดยกฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) เมื่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตัดกับขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดนั้น โดยหลักการของ RFID เมื่อเครื่องอ่าน (Reader) ต้องการค้นหา แท็กส์ ในบริเวณที่ครอบคลุมก็จะส่งกระจายคลื่นวิทยุออกไปในทุกทิศทุกทางและ

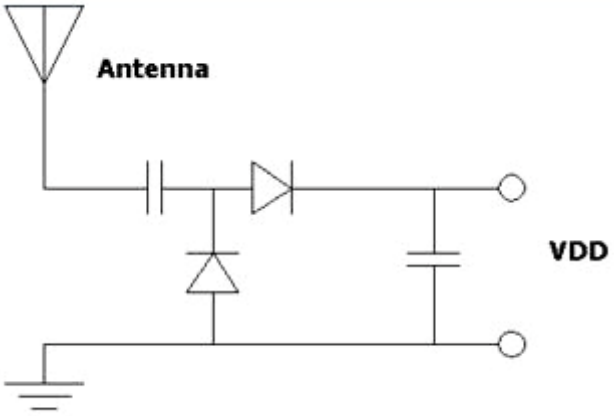
เมื่อคลื่นวิทยุซึ่งก็คือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตัดกับขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศของ แท็กส์ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าขึ้นแต่เนื่องจากระดับของแรงดันนั้นมีน้อยมาก จึงต้องมีวงจรเพิ่มแรงดันซึ่งประกอบด้วย ไดโอดจำนวนหนึ่งประกอบกันเป็นวงจรทวีคูณแรงดันจนระดับที่วงจรไมโครโปรเซสเซอร์ในแท็กส์ทำงานได้ และอ่านค่าประจำตัวของแท็กส์ซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำมาเตรียมพร้อมที่จะส่งกลับ ซึ่ง จริงๆ แล้วแท็กส์ไม่สามารถส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่านได้โดยตรง แต่การส่งกลับจะใช้วิธีการ Load Modulation โดยไมโครโปรเซสเซอร์บนแท็กส์จะประพฤติตัวมันเองเป็นโหลดให้กับเครื่องอ่านดึงและปล่อยสัญญาณเป็นจังหวะตาม ข้อมูลในแต่ละบิตของค่าประจำตัวของแท็กส์ จนครบทุกๆ บิต ซึ่งด้านสายอากาศด้านรับของเครื่องอ่านก็จะมีภาครับสัญญาณที่สะท้อนกลับนี้ไปผ่านภาคถอดรหัสข้อมูลออกมา (Demodulate) ซึ่งจะรับรู้หมายเลขของ แท็กส์ได้ โดยการเข้ารหัสนี้จะเป็นวิธีการที่เรียกว่า Amplitude Modulation



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างสัญญาณ Amplitude modulation [http://www.xsense.co.th]



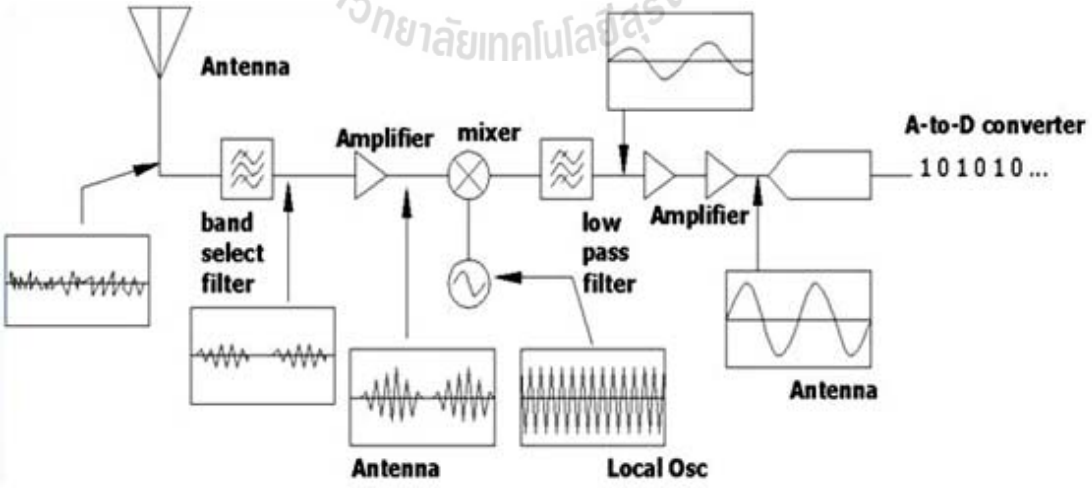
รูปที่ 2.7 การติดต่อกันระหว่างเครื่องอ่านและแท็กส์ [http://www.xsense.co.th]



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของวงจร Voltage Doubler [http://www.xsense.co.th]

2. RFID ทำงานด้วยหลักการแผร่กระจายคลื่นวิทยุ (Propagation Coupling)

วิธีการที่ใช้กันใน RFID ที่ทำงานในย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF) จะเรียกว่าเป็นแบบแผ่กระจาย (Propagation Coupling) โดยเครื่องอ่านจะส่งพลังงานในรูปคลื่นวิทยุ (Electromagnetic Field) ออกมา ทำให้เมื่อเมื่อแท็กส์ได้รับสัญญาณผ่านสายอากาศ แท็กส์ก็จะทำงานโดยการสะท้อนกลับคลื่นที่ได้รับ ซึ่งจะเป็นค่า ID หรือรหัสประจำตัวกลับไปยังเครื่องอ่าน (Back Scattering) โดยวิธีการนี้ทำให้สามารถอ่านได้ระยะไกลมากขึ้นกว่าแบบ Inductive Coupling ซึ่งโดยทั่วไปจะมีระยะตั้งแต่ 2 ถึง 10 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังส่ง ขนาดของเครื่องอ่านนั้นๆ



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างภาครับของ RFID [http://www.xsense.co.th]

ส่วนประกอบของเครื่องอ่าน

เครื่องอ่าน RFID จะมีส่วนประกอบหลักดังนี้

- ภาคส่งสัญญาณวิทยุ เกิดจากส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่ภาคกำเนิดความถี่ ซึ่งอาจจะเป็น คริสตอล ออสซิลเลตอร์ หรือวงจร LC ออสซิลเลเตอร์ วงจรเฟสล็อกลูป เพื่อควบคุมความถี่ให้มีความแม่นยำมากขึ้น ภาคขยายกำลัง (Power Amplifier) สำหรับขับกำลังออกไปที่ สายอากาศ

- ภาครับสัญญาณวิทยุ เป็นส่วนที่รับสัญญาณที่สะท้อนกลับคลื่นวิทยุจากสายอากาศ ซึ่งจะมีทั้งข้อมูลและสัญญาณพาหะกลับมา

- ภาคประมวลผลดิจิตอล สัญญาณที่ได้จากภาครับยังคงเป็นสัญญาญที่ไม่สามารถนำไปใช้ได้ต้องผ่านการประมวลผลต่างๆ เพื่อคัดกรอง แยกข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้ต่อไป

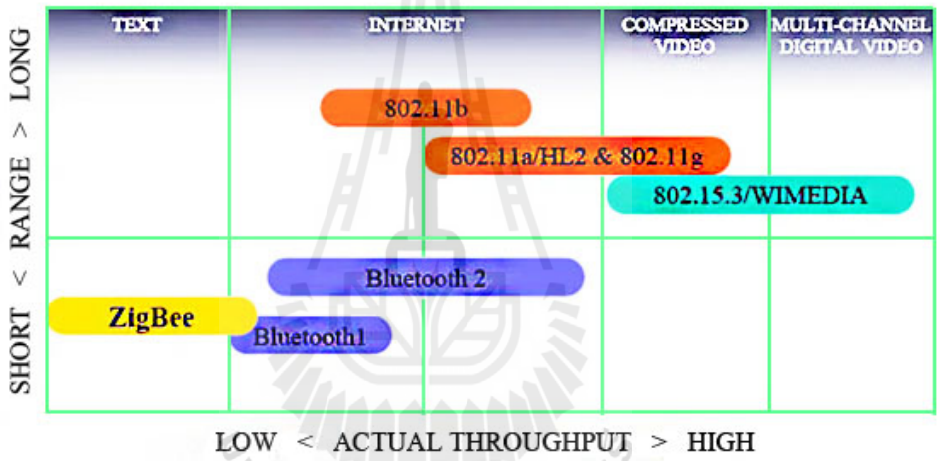
- ภาคติดกับภายนอก หลังจากที่ได้ข้อมูลจากส่วนประมวลผล แล้วข้อมูลจะต้องถูกส่งออกไปยังภายนอกหรือผู้ที่จะนำข้อมูลไปใช้ ซึ่งจะมีวิธีการเชื่อมต่อออกไปหลาย ๆ รูปแบบขึ้นกับขนาดของโครงการที่นำ RFID ไปใช้ในธุรกิจ การเชื่อมต่อต่าง ๆ เช่น RS-232 USB Ethernet CAN bus หรือบางครั้งก็ต่อเข้าส่วนแสดงข้อมูลอย่างเช่น จอ LCD เครื่องอ่านแบบมือถือ (Hand Held) ในกรณีที่ต่อผ่าน RS-232 หรือ USB ก็จะเป็นการต่อตรงเข้ากับคอมพิวเตอร์ ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและจัดเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อประมวลผล รายงานต่อไป แต่ถ้าเชื่อมต่อผ่าน Ethernet จะเป็นการนำไปใช้ในระบบงานขนาดใหญ่ เช่น ในโรงงานผลิตสินค้า หรือ ศูนย์กระจายสินค้าต่าง ๆ

2.3 เครือข่ายไร้สาย Zigbee

Zigbee เป็น เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ถูกพัฒนาขึ้น ให้มีจุดเด่นกว่าเทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ กล่าวคือ ราคาต่ำ ใช้พลังงานน้อย จึงสามารถติดตั้ง ไว้ได้นาน และสามารถสร้างเครือข่ายได้ ซึ่งเหมาะกับการใช้งานด้านเซนเซอร์ไร้สาย ตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุ และตรวจสอบสภาพแวดล้อม โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบ Zigbee กับ เทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ ในด้านต่าง ๆ ได้ ดังตารางที่ 2.1 และ รูปที่ 2.10

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สาย[https://sites.google.com/site/322462 wirelesspan]

Standard	**Zigbee 802.15.4**	**Wi-Fi 802.11b**	**Bluetooth 802.15.1**
Transmission Range (meters)	100 – 1,500	1 - 100	1 - 10
Network Size (nodes)	64,000	32	7
Application	Monitoring & Control	Web, Email, Video	Cable Replacement
Throughput (kb/s)	20 - 250	11,000	720



รูปที่ 2.10 ปริมาณการใช้ Throughput ของมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแบบต่าง ๆ [https://sites.google.com/site/322462wirelesspan]

2.3.1 คุณสมบัติของ Zigbee

1. อัตราการส่งข้อมูล 250 kbps (2.4 GHz) 40 kbps (915 MHz) และ 20 kbps (868 MHz)

2. High throughput และ low latency Duty Cycle ต่ำ (< 0.1%)

3. มีการเข้าถึง Channel แบบ Channel Access using Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA - CA)

4. สามารถรองรับ Address ได้ถึง 64 bit IEEE address (65,535 network)

5. รับประกันการส่งแบบ Full hand shaked protocol

6. เชื่อมต่อ Topology ได้หลายแบบ เช่น Star Peer-to-peer หรือ Mesh

7. ใช้พลังงานต่ำ (สามารถใช้ได้หลายเดือนจนถึงปี)

8. ระยะทางการส่งพื้นฐาน 5-500 เมตร

2.3.2 ส่วนประกอบของ Zigbee

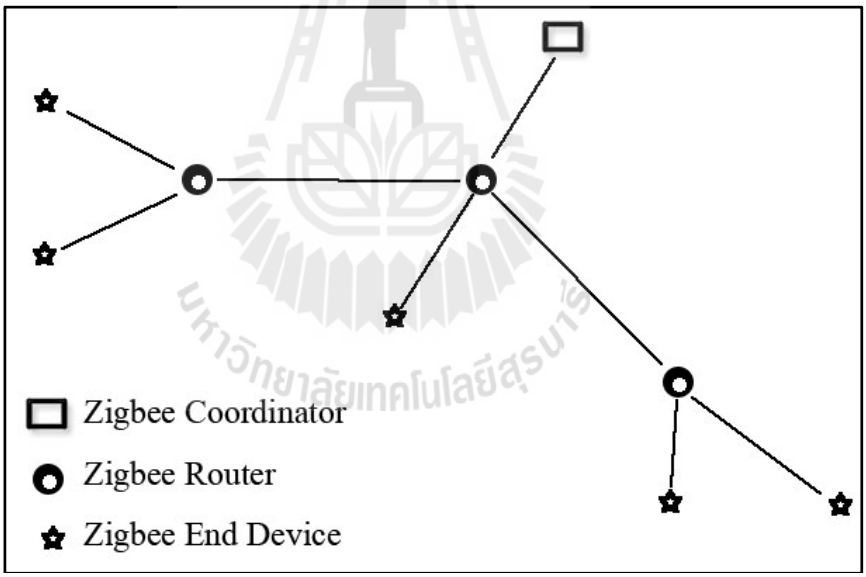
Zigbee แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. Zigbee Coordinator ทำหน้าที่สร้างโครงข่าย จัดการโหนดในโครงข่าย และเก็บข่าวสารของโหนดในโครงข่าย

2. Zigbee Router ทำหน้าที่จัดการเส้นทางของข้อมูลที่ส่งผ่านภายในโครงข่ายระหว่างโหนด

3. Zigbee End Device เป็นจุดปลายของโครงสร้างเครือข่าย อยู่ในส่วนของผู้ใช้งานโดยสามารถเป็นได้ทั้ง แบบ RFD และ FFD

ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Zigbee ได้แสดงไว้ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ Zigbee

2.3.3 โครงสร้างของ Zigbee

Zigbee ถูกออกแบบมาเฉพาะในส่วนของ Application layer Application support layerและ Networklayerเท่านั้น แต่ใช้ MAClayerและ Physicallayerตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 โครงสร้าง Zigbee

Zigbee define	Application layer	ZDO
	Application support sub-layer	
	Network layer	
IEEE 802.15.4	MAC layer	
	Physical layer	

โดยโครงสร้างของ Zigbee จะแบ่งเป็น layer ต่าง ๆ ดังนี้

1. Application Layer เป็นชั้นที่มีส่วนของ Endpoint อยู่ เรียกว่า Application Framework โดยมี Zigbee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งาน Application Layer

2. Application Support Sub-Layer ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ Application Layer และทำหน้าที่ในการรับ - ส่งข้อมูล รวมถึง การจัดการด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Application Layer

3. Network Layer ทำหน้าที่ในการ Routing ข้อมูลต่าง ๆ จากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกัน หรือต่างเครือข่ายกัน

2.4 สมองกลฝังตัว (Embedded system)

สมองกลฝังตัว คือระบบประมวลผล ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อเพิ่มความฉลาด ความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่าง ๆ คำว่าระบบฝังตัวเกิดจาก การที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวอาจจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัดเช่น โทรศัพท์มือถือ และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่างๆแตกต่างกันไปอีกด้วย ดังนั้น ระบบสมองกลฝังตัวอาจจะทำงานได้ตั้งแต่ควบคุมหลอดไฟจนไปถึงใช้ในยานอวกาศ

2.4.1 ระบบปฏิบัติการสำหรับสมองกลฝังตัว

ในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวอาจจะมีการใช้ระบบปฏิบัติการเป็นแกนหลักในการพัฒนา หรือไม่มีการใช้ในการพัฒนาก็ได้ ระบบปฏิบัติการสำหรับระบบสมองกลฝังตัวมีหลายประเภทมากตั้งแต่ RTOS , ucOS-II จนไปถึงระบบปฏิบัติการที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมา เช่น Linux Window CE Android เป็นต้น

2.4.2 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาของระบบสมองกลฝังตัว

ในปัจจุบันมีภาษาโปรแกรมต่างๆมากมายที่ใช้ในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว เช่น ภาษา Assembly ภาษา C ,C++ หรือภาษาระดับสูงที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวที่มีระบบปฏิบัติการ เช่น C# VB.NET JAVA หรือ Python โดยผู้ใช้สามารถเลือกใช้ภาษาในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวได้ตามความเหมาะสม

2.4.3 คุณสมบัติของสมองกลฝังตัวที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้มีการใช้ระบบสมองกลฝังตัวด้วยกัน 2 บอร์ด คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ของบริษัท Atmel และ บอร์ด ARM9 SAMSUNG S3C2440 ของ FriendlyARM ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ของบริษัท Atmel

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ของบริษัท Atmel นี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega64 หรือ ATmega128 ขนาด 64 Pin โดยในบอร์ด ET-BASE AVR ATmega64/128 ที่เลือกใช้จะเน้นการใช้งานทรัพยากรของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองเป็นหลัก ซึ่งจะมีการต่อขาสัญญาณ I/O ออกมาจัดเรียงให้เป็นพอร์ต PA PB PC PD PE PF และพอร์ต ET-CLCD เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน พร้อมทั้งพอร์ตสำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีวงจรไดร์ฟเวอร์ RS-232 เข้าไปด้วยเพื่อให้สามารถใช้งานทางด้านพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega คือ

• ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ ATmega64 หรือ ATmega128 ของ Atmel ซึ่งเป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8–Bit โดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบ XTAL ความถี่ 16 MHz ซึ่งคุณสมบัติเด่น ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แก่

- มีหน่วยความจำ Flash สำหรับเขียนโปรแกรม 64 KBytes สำหรับ ATmega64 หรือ 128K Bytes สำหรับ ATmega128 และมี RAM 4 KBytes

- มีหน่วยความจำข้อมูลถาวรแบบ EEPROM ขนาด 2K Bytes สำหรับ ATmega64 หรือ 4 K Byte สำหรับ ATmega128 ซึ่งสามารถลบและเขียนซ้ำได้กว่า 100,000 ครั้ง

- จำนวน I/O สูงสุดถึง 53 I/O Pins

- มีวงจรสื่อสาร SPI จำนวน 1 ช่อง Inter-Integrated Circuit (I2C) จำนวน 1 ช่อง Programmable Serial USARTs จำนวน 2 ช่อง

- มี ADC ขนาด 10-Bit จำนวน 8 ช่อง

- มี Timers/Counters 8-Bit จำนวน 2 ช่อง Timers/Counters 16-Bit จำนวน 2 ช่อง 8-Bit PWM 2 ช่อง Watchdog Timer Real Time Counter

• I/O PORT 10 PIN จำนวน 6 PORT ดังนี้ PA PB PC PD PE PF

• พอร์ต ISP LOAD สำหรับโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (ต้องใช้ร่วมกับ ET-AVR ISP หรือเครื่องโปรแกรม ISP อื่นที่มีการจัดเรียงขาสัญญาณเหมือนกัน)

• วงจร Line Driver สำหรับพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จำนวน 2 ช่อง โดยเชื่อมต่อกับสัญญาณ PE0 (RXD0) และ PE1 (TXD0) จำนวน 1 ช่อง ส่วนที่เหลืออีก 1 ช่อง จะต่อกับสัญญาณ PD2 (RXD1) และ PD3 (TXD1) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถต่อทดลองการติดต่อสื่อสาร RS232

• วงจรเชื่อมต่อจอแสดงผล LCD แบบ Character (ET-CLCD) พร้อม VR ปรับความสว่างของ LCD ซึ่งใช้การเชื่อมต่อวงจรกับ LCD แบบ 4 Bit Interface

• วงจร Voltage Regulator ขนาด +5V / 1A สำหรับใช้งานเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรให้กับจอแสดงผล LCD และอุปกรณ์ I/O ต่าง ๆ ที่ใช้กับแหล่งจ่ายขนาดขนาด +5V พร้อม LED แสดงสถานะ

• ขนาด PCB Size 8 X 6 cm

โครงสร้างของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 2.12 และมีรายละเอียดของบอร์ดที่แสดงตามหมายเลขมีดังนี้

• หมายเลข 1 คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega64 หรือ ATmega128 ซึ่งเป็นไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR จาก ATMEL

•หมายเลข 2คือ SwitchRESETใช้สำหรับResetการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

• หมายเลข 3 คือ Crystal ค่า 16 MHz

• หมายเลข 4 คือ ตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความสว่างให้ LCD

• หมายเลข 5 คือ PORTC มีขนาด 8 Bit คือ PC0-PC7

• หมายเลข 6 คือ พอร์ต ISP LOAD ใช้สำหรับดาวน์โหลด Hex File ให้กับไมโคร คอนโทรลเลอร์

• หมายเลข 7 คือ พอร์ต ET-CLCD สำหรับเชื่อมต่อกับ LCD ชนิด Character Type ซึ่งใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 Bit

• หมายเลข 8 คือ PORTD มีขนาด 8 Bit คือ PD0-PD7

• หมายเลข 9 คือ PORTB มีขนาด 8 Bit คือ PB0-PB7

• หมายเลข 10 คือ PORTE มีขนาด 8 Bit คือ PE0-PE7

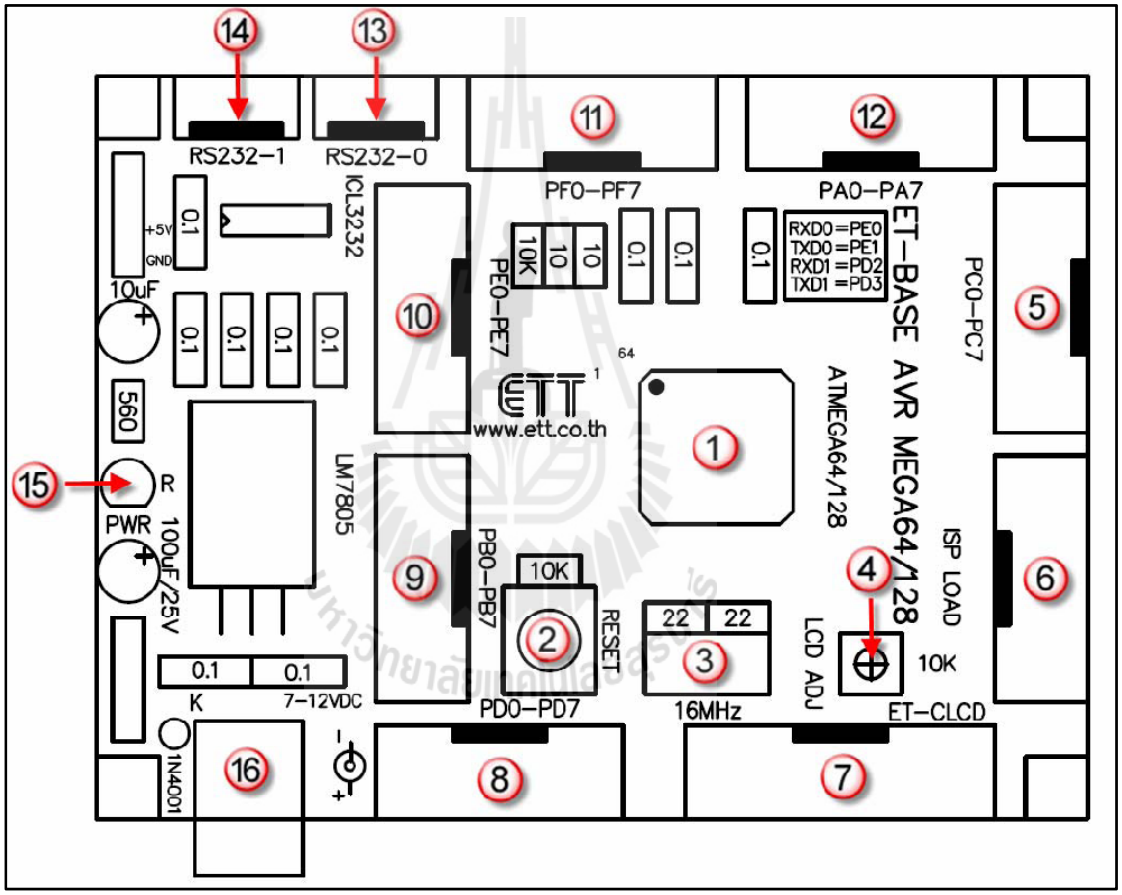
• หมายเลข 11 คือ PORTF มีขนาด 8 Bit คือ PF0-PF7

• หมายเลข 12 คือ PORTA มีขนาด 8 Bit คือ PA0-PA7

• หมายเลข 13 และ 14 คือ ขั้วต่อ RS232 สำหรับใช้งานทั่วไป

• หมายเลข 15 คือ LED Power ใช้สำหรับแสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ +5VDC

• หมายเลข 16 คือ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟสำหรับเลี้ยงวงจรของบอร์ด



รูปที่ 2.12 โครงสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega64/128 [www.ett.co.th]

บอร์ด ARM9 SAMSUNG S3C2440 ของ FriendlyARM

บอร์ด ARM9 SAMSUNG S3C2440 ของ FriendlyARM นั้นประกอบด้วยอุปกรณ์ I/O และ Peripheral ต่าง ๆ และมีหน้าจอแสดงผลขนาด 7 นิ้ว แบบ TFT (Resistive Touch Screen) ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

• หน่วยประมวลผลที่ใช้คือ Samsung S3C2440 ARM920T core 400Mhz clocked at up to 533MHz

• มีหน่วยความจำ Flash สูงสุด 1 GB NAND Flash และ 2MB NOR Flash

• มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 256 Byte

• มี RAM 64 MB เป็น SDRAM 32 bit Bus

• มีพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จำนวน 3 ช่อง

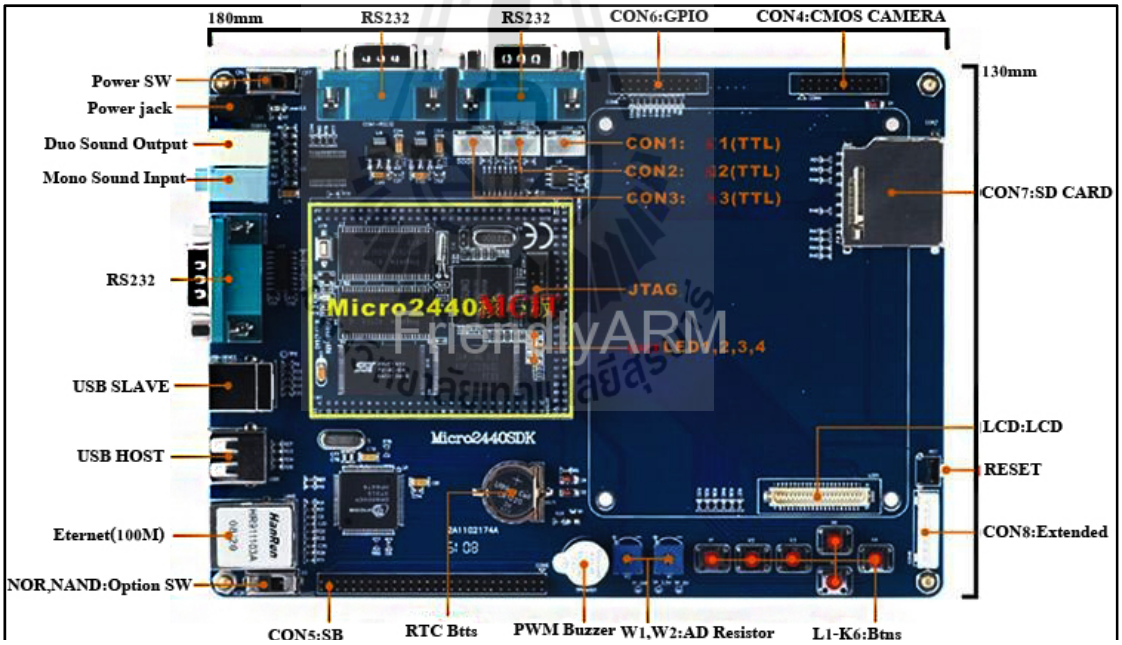
• มีพอร์ตสื่อสารแบบ USB จำนวน 4 ช่อง

• มีระบบแสดงผลเป็นจอ LCD ขนาด 7 นิ้ว แบบ TFT

• ระบบปฏิบัติการที่รองรับคือ Linux-2.6 และ Windows CE 5.0/6.0

• ขนาด 180 x 130 มิลลิเมตร

โครงสร้างของบอร์ด ARM9 SAMSUNG S3C2440 แสดงในรูปที่ 2.13 และบอร์ด ARM9 เมื่อติดตั้งจอแสดงผล LCD ขนาด 7 นิ้ว ในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของบอร์ด ARM9 SAMSUNG S3C2440 [http://www.thaieasyelec.com]

รูปที่ 2.14 จอแสดงผล LCD ขนาด 7 นิ้ว แปป TFT [http://www.thaieasyelec.com]

2.5 เครือข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

เครือข่ายประสาทเทียม หรือ Artificial Neural Network (อาทิตย์ ศรีแก้ว, 2552) เป็นเครือข่ายที่มีรูปแบบโครงสร้างและการทำงานของการประมวลผลเหมือนกับสมองของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนตัวเองต่อการตอบสนองของอินพุตตามกฎของการเรียนรู้ (Learning Rule) เครือข่ายประสาทเทียมได้ถูกพัฒนาคิดค้นจากการทำงานของสมองมนุษย์ โดยสมองมนุษย์ประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผลที่เรียกว่าเซลล์ประสาท (Neuron) จำนวนเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์มีอยู่ประมาณ 10^{11} และมีการเชื่อมต่อกันอย่างมากมาย จึงสามารถกล่าวได้ว่าสมองมนุษย์เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีการปรับตัวเอง (Adaptive) ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) และทำงานแบบขนาน (Parallel) ในการดูแลจัดการการทำงานร่วมกันของเซลล์ประสาทในสมอง การคำนวณเชิงนิวรอลเป็นการคำนวณที่เลียนแบบมาจากการทำงานของสมองมนุษย์นั่นเอง ซึ่งความสามารถในการเรียนรู้จากตัวอย่างและการทำให้เป็นทั่วไป (Generalize) ถือเป็นคุณลักษณะสำคัญของเครือข่ายประสาทเทียม โดยเครือข่ายจะถูกฝึกสอนโดยการแสดงรูปแบบต่าง ๆ ที่ต้องการให้เครือข่ายเรียนรู้ด้วยกฎการเรียนรู้ ความสามารถในการเรียนรู้ได้ของเครือข่ายนี้ ทำให้มีความแตกต่างไปจากการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น ๆการที่เครือข่ายถูกทำให้เป็นกรณีทั่วไปจะทำให้ตัวเครือข่ายสามารถที่จะจำแนกแยกแยะรูปแบบของอินพุตแบบใหม่ ๆ ที่ตัวเครือข่ายไม่รู้จักมาก่อนได้ ตัวเครือข่ายทำการเก็บข้อมูลความรู้ในระหว่างขั้นตอนของการเรียนรู้โดยทำการเก็บไว้ที่น้ำหนักจุดประสานประสาท (Synaptic Weights) ซึ่งโครงสร้างของตัวนิวรอนภายในเครือข่ายมีอยู่มากมายหลายชนิด โครงสร้างดังกล่าวเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้คุณลักษณะต่างๆ ของเครือข่ายแตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะเป็นการจัดวางเรียงตัวของนิวรอน กฎการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนค่าของน้ำหนักประสาท หรือแม้กระทั่งเงื่อนไขในการฝึกฝนของเครือข่าย อย่างไรก็ตามเครือข่ายชนิดต่างๆ จะมีคุณลักษณะ

หลายๆ อย่างร่วมกัน เช่นการทำงานแบบขนาน ซึ่งโดยปกติแล้วเครือข่ายจะมีจำนวนนิวรอนที่เชื่อมต่อกันเป็นจำนวนมาก เหมือนกับสมองของมนุษย์ความไม่เป็นเชิงเส้นก็เป็นคุณลักษณะร่วมกันของเครือข่ายเกือบทุกแบบ นอกจากนี้เครือข่ายประสาทเทียมยังมีข้อดีอีกมากมาย เช่น มีความทนทานต่อความบกพร่อง และมีความสามารถในการโต้ตอบและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปรงของสภาพแวดล้อม แล้วทำการเรียนรู้ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ได้

2.5.1 สถาปัตยกรรมเครือข่าย (Network Architecture)

โครงสร้างการเชื่อมต่อ รวมไปถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของเครือข่ายประสาทเทียม เรียกว่าเป็นสถาปัตยกรรมของเครือข่าย สถาปัตยกรรมของเครือข่ายที่แตกต่างกัน มีผลให้พฤติกรรมของเครือข่ายแตกต่างกันด้วย รายละเอียดชนิดหรือรูปแบบของสถาปัตยกรรมต่างๆ ของเครือข่ายมีดังต่อไปนี้

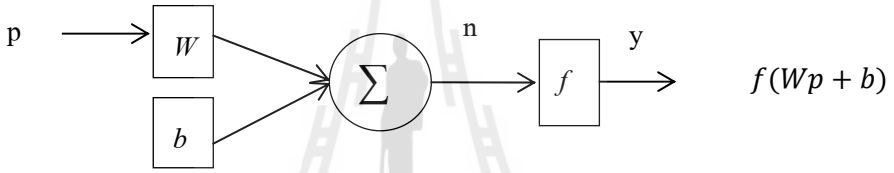
เครือข่ายไปข้างหน้า (Feedforword Network)

โดยปกติแล้วเครือข่ายประสาทเทียมจะประกอบไปด้วยนิวรอนหลายๆ ตัวและเชื่อมต่อแบบขนานกันหลายๆ ชั้นหรือเรียกว่า layer เครือข่ายมีการไหลของอินพุตไปยังเอาต์พุตและไม่มีการป้อนกลับแต่อย่างใด เราจึงเรียกเครือข่ายประเภทนี้ว่าเป็นแบบไปข้างหน้า (Feedforward Network) เครือข่ายจะมี อินพุต (P) และ ค่าน้ำหนักประสาท (W) ต่อเข้าสู่แต่ละนิวรอน แต่ละนิวรอนจะมีตัวรวม ไบอัส (b) ฟังก์ชันถ่ายโอนและเอาต์พุต (y = f (Wp+ b)) โครงสร้างทั้งหมดของเครือข่ายแบบชั้นเดียวสามารถแสดงในรูปของเมตริกซ์ได้ดังรูปที่ 2.15 โดยปกติในทางปฏิบัติทั่วไปแล้ว เครือข่ายประสาทเทียมจะมีโครงสร้างหลายชั้น(Multiple Layers หรือ Multilayer Network) ดังแสดงในรูปที่ 2.16 แต่ละชั้นมีเมตริกซ์น้ำหนักประสาท W ไบอัส b เน็ตเอาต์พุต n และเอาต์พุต y ของชั้นนั้น จากรูปจะเห็นว่าแต่ละชั้นสามารถมีจำนวนนิวรอนที่แตกต่างกันได้กล่าวคือเครือข่ายชั้นแรก (มักเรียกว่าชั้นอินพุต) มีR อินพุต ชั้นที่ 1 มีS1 นิวรอน ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงชั้นสุดท้าย (คือชั้นเอาต์พุต) ซึ่งมี SN นิวรอน เอาต์พุตของชั้นแรกจะเป็นอินพุตให้กับชั้นที่สอง ฯลฯ เครือข่ายที่ไม่ใช่ชั้นอินพุตและชั้นเอาต์พุตเรียกว่าเป็นชั้นซ่อนเร้น (Hidden Layer) เอาต์พุตของแต่ละชั้นมีค่าดังนี้

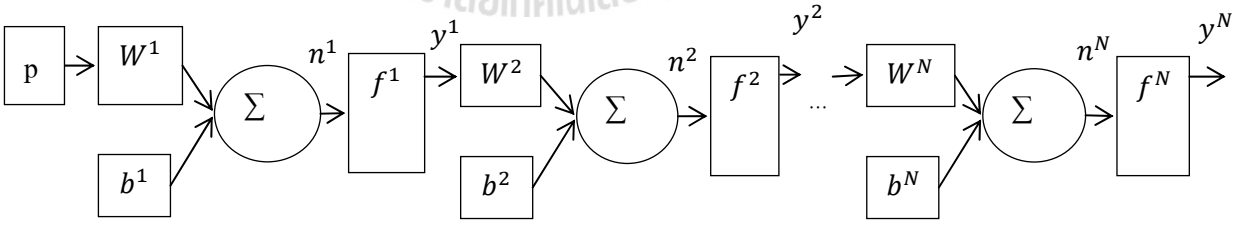
$$y^1 = f^1(W^1 p + b^1)$$
$$y^2 = f^2(W^2 y^1 + b^2)$$
$$\vdots$$
$$y^N = f^N(W^N y^{N-1} + b^N)$$

ตัวยกที่ปรากฏอยู่ในความสัมพันธ์ในรูป y^N ข้างต้นใช้ระบุลำดับของชั้นของนิวรอนที่แตกต่างกัน โดยจำนวนนิวรอนในแต่ละชั้นแสดงแทนด้วย S^N (ไม่ได้หมายถึงตัวแปร S ยกกำลังด้วย N)

เครือข่ายหลายชั้นจะมีประสิทธิภาพเหนือกว่าเครือข่ายชั้นเดียวมาก ยกตัวอย่างเช่น เครือข่ายสองชั้นที่ชั้นแรกเป็นฟังก์ชันซิกมอย และชั้นที่สองเป็นฟังก์ชันเส้นตรงสามารถถูกฝึกสอนให้เป็นฟังก์ชันประมาณค่าได้เกือบทุกฟังก์ชัน ที่ซึ่งเครือข่ายชั้นเดียวไม่สามารถทำได้เครือข่ายหลายชั้นนี้มีพารามิเตอร์ค่อนข้างมาก ดังนั้นสิ่งแรกที่จะนำเอาเครือข่ายประสาทเทียมไปประยุกต์ใช้งานจึงต้องทำการออกแบบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น จำนวนชั้น จำนวนนิวรอนในแต่ละชั้น จำนวนอินพุต จำนวนเอาต์พุต ชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอน ฯลฯ อย่างไรก็ตามการกำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน ยกตัวอย่างเช่น จำนวนชั้นของเครือข่าย ที่ซึ่งเพียงสองหรือสามชั้นก็เพียงพอต่อปัญหาทั่ว ๆ ไป



รูปที่ 2.15 พารามิเตอร์ของเครือข่ายชั้นเดียวในรูปของเมติกซ์



รูปที่ 2.16 พารามิเตอร์ของเครือข่ายหลายชั้นในรูปของเมติกซ์

เครือข่ายป้อนกลับ (Recurrent Network)

เครือข่ายป้อนกลับแตกต่างไปจากเครือข่ายไปข้างหน้าตรงที่มีการวนรอบแบบป้อนกลับ (Feedback) ภายในเครือข่าย ยกตัวอย่างเช่น เครือข่ายที่เอาต์พุตของแต่ละนิวรอนถูกป้อนกลับไปยังอินพุตของทุกๆนิวรอน ในบางเครือข่ายมีการป้อนกลับให้ตนเองของนิวรอนด้วย

หรือที่เรียกว่า Self-Feedback เครือข่ายป้อนกลับสามารถมีชั้นซ่อนเร้นเหมือนในกรณีของเครือข่ายไปข้างหน้าแบบหลายชั้นหรือไม่มีก็ได้ การป้อนกลับในเครือข่ายป้อนกลับนี้เป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้ของเครือข่าย นอกไปจากนั้นแล้วในเครือข่ายป้อนกลับนี้ยังมีการใช้หน่วยหน่วง (Unit Delay) ในโครงสร้าง ที่ซึ่งเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมไม่เป็นเชิงเส้นของเครือข่ายป้อนกลับ

2.5.2 เครือข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (Backpropagation Neural Network)

เครือข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ เป็นเครือข่ายแบบหลายชั้น มีการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน (Supervised Learning) คือ เรียนรู้ที่จะสร้างผลลัพธ์ที่ต้องการให้ได้ตามตัวอย่างที่ได้รับ และใช้วิธีลดค่าความผิดพลาดของเอาต์พุตให้น้อยที่สุด โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักประสาท อัลกอลิทึมของเครือข่ายประสาทเทียมแบบแพ่กลับมีการนำเสนอคู่อินพุตและเป้าหมายให้เครือข่ายเรียนรู้ดังนี้

$$\{p_1, t_1\}, \{p_2, t_2\}, \dots, \{p_n, t_n\}$$

เมื่อ p_n คือ ข้อมูลอินพุตที่ตำแหน่ง n

t_n คือ เป้าหมายที่ตำแหน่ง n

n คือ ขนาดของข้อมูลอินพุต

เมื่อป้อนแต่ละอินพุตให้กับเครือข่าย เอาต์พุตที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับเป้าหมาย อัลกอลิทึมจะทำการปรับพารามิเตอร์ของเครือข่าย ซึ่งได้แก่น้ำหนักประสาทและไบอัส เพื่อให้ค่าความผิดพลาดแบบกำลังสองเฉลี่ยของเอาต์พุตเป้าหมายมีค่าน้อยที่สุด จะได้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (Performance Index)

2.6 การทบทวนวรรณกรรม (Reviewed literature) / สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการสืบค้นบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารและบทความในฐานข้อมูลต่าง ๆ มีบทความที่เกี่ยวข้องดังนี้

ในบทความของ Leung C.W. Law S.M. Chan W.S. และ Siu Y.M. (2008) มีการใช้งานโครงสร้างสองชั้นสำหรับการงานใช้ระบบ RFID ด้วยการออกแบบให้มีเครือข่าย Zigbee 2.4GHz เป็นแกนหลักของเครือข่ายไร้สายในขณะที่เครือข่าย RFID 900MHz จะใช้สำหรับอ่านแท็กส์ หมายเลขประจำตัวของแท็กส์จะถูกเก็บรวบรวมผ่านทางเครือข่าย RFID 900 MHz และถูกส่งไปยัง Terminal ผ่านทางเครือข่าย Zigbee

ในบทความของ Aqeel-ur-Rehman Abu Zafar Abbasi และ Zubair A. Shaikh (2008) จะใช้ RFID ในการพัฒนามหาวิทยาลัยอัจฉริยะ โดยต้นแบบของการพัฒนาแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีของ RFID สามารถมีส่วนร่วมในการปรับปรุงการรักษาความปลอดภัย การอนุรักษ์พลังงาน การติดตามคน และอื่น ๆ โดยบทความนี้นำเสนอระบบต้นแบบของสำนักงานอัจฉริยะ

ในบทความของ Ting Zhang Yuanxin Ouyang และ Yuheng Liu (2008) เป็นหนึ่งในการปฏิวัติในเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่คอมพิวเตอร์จะถูกฝังอยู่ในสภาพแวดล้อมและวัตถุในชีวิตประจำวัน เป็นการรวมกันของโลกข้อมูลและโลกทางกายภาพที่ทำให้คนได้รับการบริการอย่างต่อเนื่องโดยการปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเองในระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้ RFID ร่วมกับระบบเซ็นเซอร์บันทึกสภาพแวดล้อมทางกายภาพและทำการประมวลผล นอกจากนี้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายยังให้ความสามารถในการสื่อสารแก่ข้อมูลที่รวบรวมโดย RFID ด้วย

ในบทความของ Junjie Chen Jianqiu Zeng และ Yuchen Zhou (2009) ได้มีการวิเคราะห์ Packet Error Rate (PER) ของ Zigbee ในที่ที่มีการรบกวนของ RFID แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กล่าวว่าเกิดจาก Bit Error Rate (BER) และเวลาในการชนกันของข้อมูล มีการวิเคราะห์ในเชิงทฤษฎีและมีการจำลองเพื่อปรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลของวิทยานิพนธ์นี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงกับปัญหาการใช้งานร่วมกันของ Zigbee และ RFID ได้

ในบทความของ Said A. Elshayeb Khalid Bin Hasnan และ Chua Yik Yen (2009) ใช้ RFID เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุและติดตามสิ่งของแบบเวลาจริงในขั้นตอนต่าง ๆ ของห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมค้าปลีก โดยได้ทำการนำ RFID แท็กส์ติดตามหุ่นยนต์เลโก้ในสภาพแวดล้อมจำลองและใช้เครือข่าย Zigbee ในการสื่อสารแบบไร้สายระหว่างเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลและเครื่องอ่าน RFID และได้พิสูจน์ว่าการใช้เทคโนโลยี RFID กับเครือข่าย Zigbee สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงการติดตามในห่วงโซ่อุปทานได้โดยมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำ เนื่องจากความเรียบง่ายของโปรแกรมอินเตอร์เฟซและระบบการจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ LabVIEW และ MS Excel ระบบมีราคาไม่แพงมากและใช้ได้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก

ในบทความของ Chung-Hsin Liu และ Jian-Yun Lo (2010) ได้ใช้ RFID และ Zigbee เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการหาตำแหน่ง พบว่าเมื่อใช้อุปกรณ์ Zigbee ร่วมกับการทำงานของ RFID มีความถูกต้องสูงกว่าการใช้ Zigbee เพียงอย่างเดียว แต่ยังมีปัญหามากมายที่จะต้องเอาชนะ เช่น ความถูกต้องของเทคโนโลยีระบุตำแหน่ง การรักษาความปลอดภัย และการสูญเสียพลังงานในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ในบทความของ Feng Feng Hou Shengyu และ Xu Qi (2010) [7] มีการประยุกต์ใช้การรวมกันของสองเทคโนโลยี คือ WSN และ RFID โดยใช้ข้อดีของทั้งสองเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มความ

น่าเชื่อถือในการรักษาความปลอดภัยในเหมืองถ่านหิน การใช้สองเทคโนโลยี ทำให้การส่งข้อมูลดีขึ้นและมีความปลอดภัยสูงขึ้น

ในบทความของ Hyuntae Cho Sanghyun Son และ Yunju Baek (2011) [8] นำเสนอการใช้งานระบบแอคทีฟ RFID ขนาดใหญ่โดยใช้เครือข่าย Zigbee ในการทำงานเพื่อขยายพื้นที่การอ่านสัญญาณวิทยุ โดย RFID แบบแอคทีฟนั้นจะสามารถอ่านได้ไกลมากกว่า 100 เมตร ตัวอ่าน RFID จะเก็บรวบรวมแท็กส์ภายในพื้นที่การอ่านสัญญาณและยังเก็บแท็กส์จากนอกพื้นที่การอ่านสัญญาณผ่านการใช้งาน Collection Agents (CA) หลายตัวในเครือข่าย Zigbee ทำให้เพิ่มขอบเขตของเครื่องอ่าน RFID ได้

ในบทความของ Qiang Ruan Wensheng Xu และ Gaoxiang Wang (2011) [9] มีการวิเคราะห์คุณสมบัติและข้อดีของ RFID กับ Zigbee และเสนอสถาปัตยกรรมของ RFID และ Zigbee เป็นระบบการตรวจสอบการผลิต มีการพัฒนาระบบต้นแบบของระบบการตรวจสอบด้วย RFID และ Zigbee และแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดี สามารถให้ผู้บริหารองค์กรทราบข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ แบบเวลาจริง เช่น ข้อมูลของแต่ละผลิตภัณฑ์ รายระเอียดกระบวนการ ตำแหน่งในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ การเข้าทำงานของแรงงาน และรายละเอียดอุปกรณ์ เป็นต้น ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้นได้ จุดอ่อนของระบบนี้ คือเมื่อมันถูกใช้ในปริมาณมากอาจเกิดปัญหาการรบกวนกันและการรบกวนจากสภาพแวดล้อม

ในบทความของ Srinivasan S. Ranganathan H. และ Srivel R. (2011) [10] ได้มีการใช้งาน RFID Reader หลาย ๆ ตัวติดตั้งในที่ทำงาน และพนักงานแต่ละคนจะมีแท็กส์ซึ่งภายในจะมีเลขประจำตัวของแต่ละคน แท็กส์จะถูกอ่านจากเครื่องอ่าน RFID ที่ติดตั้งตามที่ต่าง ๆ เช่น ประตูทางเข้า ทางไปโรงอาหาร เป็นต้น ข้อมูลจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ด้วยเครือข่ายไร้สาย Zigbee ข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบระยะเวลาในการทำงานจริง ๆ ของพนักงานแต่ละคนได้

2.7 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบไปด้วย ระบบ RFID ซึ่งได้มีการอธิบายถึงองค์ประกอบและหลักการทำงานของ RFID ระบบเครือข่ายไร้สาย Zigbee ซึ่งมีการอธิบายถึงคุณสมบัติ ส่วนประกอบ และโครงสร้างของเครือข่ายไร้สาย Zigbee ระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ของบริษัท Atmel และบอร์ด ARM9 ของ FriendlyARM ซึ่งมีจอแสดงผลขนาด 7 นิ้ว และอธิบายทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องของเครือข่ายประสาทเทียม และสุดท้ายคือการทบทวนวรรณกรรม/ สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3
การระบุตำแหน่งรถไฟฟ้า

3.1 บทนำ

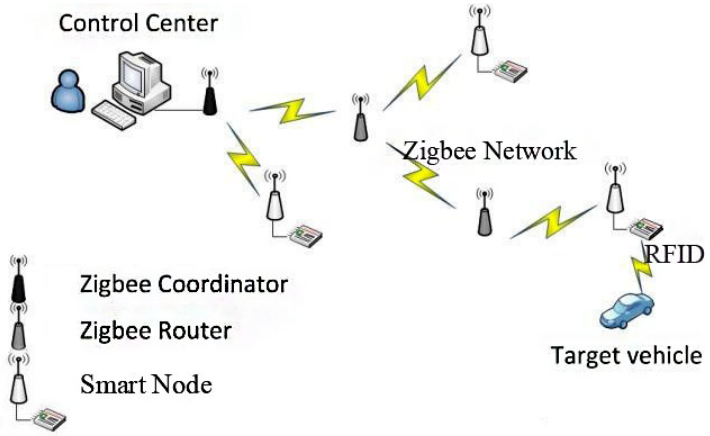
นำเสนอการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อเฝ้าติดตามและระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าที่กำลังเดินทางว่าอยู่ในบริเวณใด เพื่อให้ศูนย์ควบคุมการเดินรถรับทราบ โดยตัวรถไฟฟ้าจะติด RFID แท็กส์ซึ่งมีข้อมูลของรถไฟฟ้าอยู่ และในการที่จะให้ RFID สามารถส่งข้อมูลแท็กส์ที่อ่านได้ไปยังศูนย์ควบคุมที่อยู่ห่างใกลนั้นจะต้องใช้สายส่งสัญญาณที่มีความยาวมาก ๆ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา เราจึงใช้การทำงานร่วมกันของ RFID และ Zigbee ซึ่งเป็นเครือข่ายแบบไร้สาย จึงต้องมีการออกแบบระบบในการสื่อสารด้วยการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่าง RFID และ Zigbee เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการออกแบบระบบโปรแกรมฐานข้อมูลที่ศูนย์ควบคุมเพื่อบันทึกค่าของข้อมูลแท็กส์ที่รับได้จากเครือข่ายไร้สายแล้วสามารถนำข้อมูลแท็กส์ที่บันทึกอยู่ในฐานข้อมูลออกมาแสดงได้

3.2 การออกแบบระบบการส่งข้อมูล

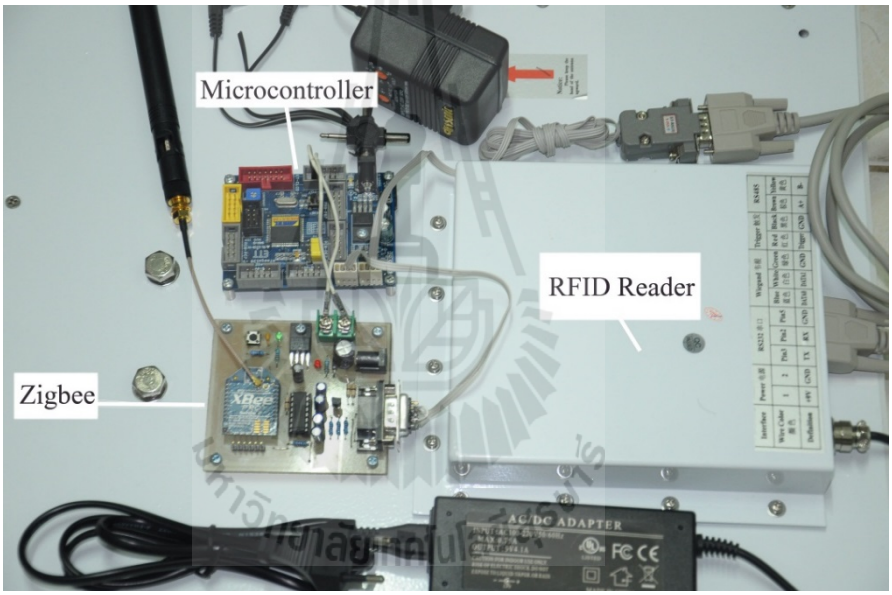
การทำงานของระบบจะมีการติดตั้ง RFID แท็กส์ไว้ที่รถไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องอ่าน RFID ไว้ที่จุดต่าง ๆ ในเส้นทางที่รถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านเพื่อคอยอ่านแท็กส์ที่ผ่าน และเมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน เครื่องอ่าน RFID จะทำการอ่านข้อมูลแท็กส์ที่ติดตั้งมากับรถไฟฟ้าแล้วส่งข้อมูลของแท็กส์นั้นไปยังศูนย์ควบคุมผ่านทางเครือข่ายไร้สาย Zigbee ทำให้ศูนย์ควบคุมสามารถทราบได้ว่ารถไฟฟ้าอยู่ที่จุดไหน โดยมีแผนภาพการทำงานของระบบดังรูปที่ 3.1

3.3 การออกแบบสมาร์ทโหนด (Smart Node)

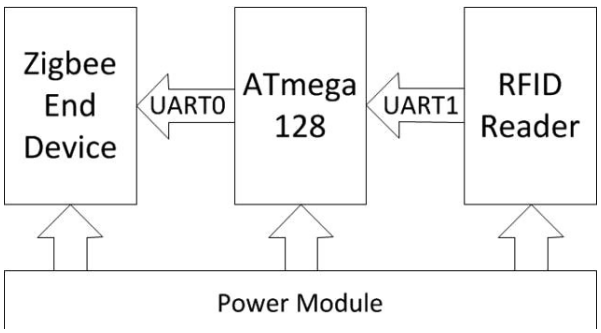
ในด้านฮาร์ดแวร์ได้มีการสร้างสมาร์ทโหนดขึ้นมาเพื่อให้เครื่องอ่าน RFID ทำงานร่วมกันกับเครือข่ายไร้สาย ซึ่งในสมาร์ทโหนด จะประกอบไปด้วย เครื่องอ่าน RFID ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ Zigbee ดังรูปที่ 3.2 และมีแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายใน สมาร์ทโหนดรูปที่ 3.3 ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อกับ Zigbee มีลายวงจรดังรูปที่ 3.4



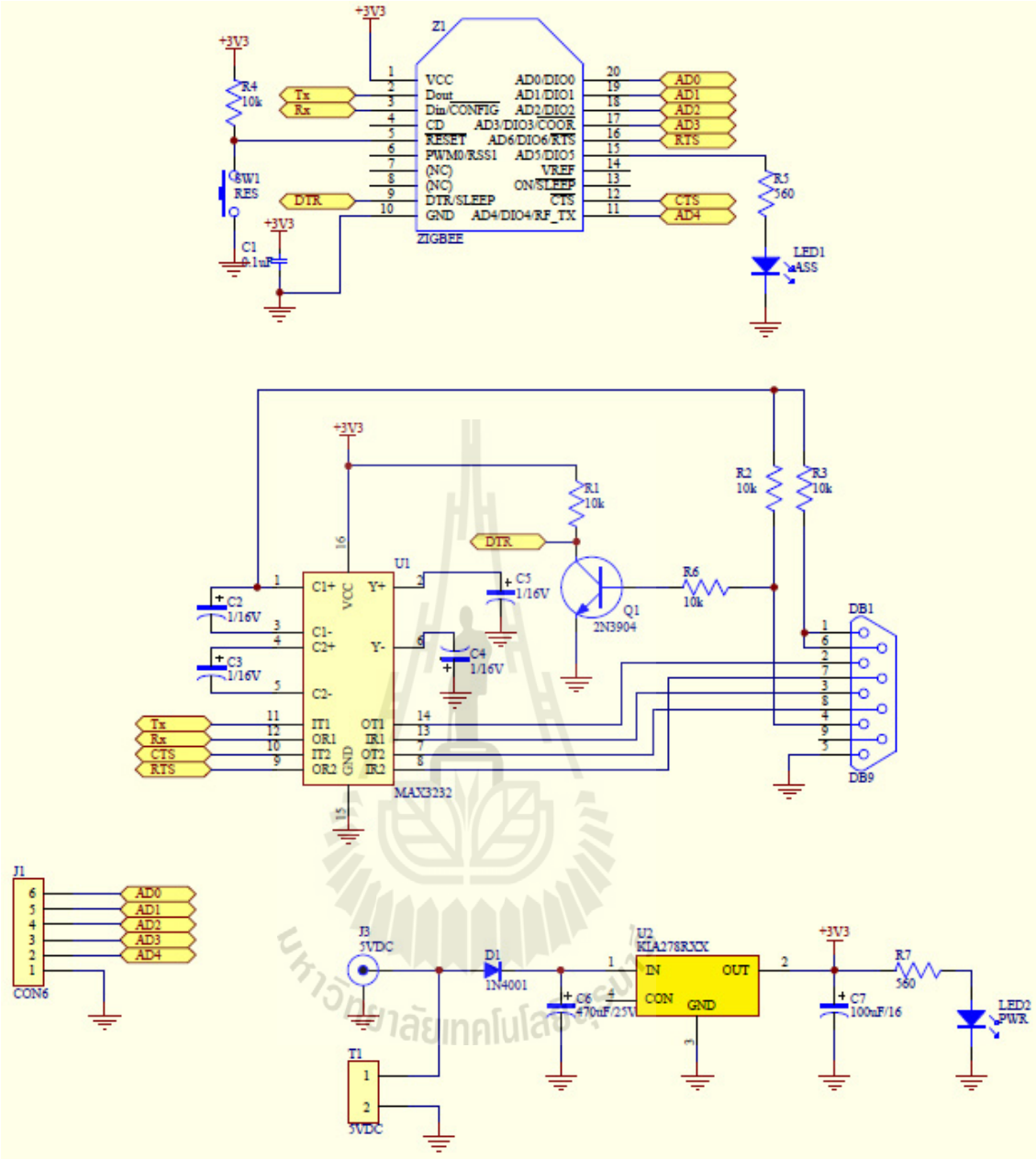
รูปที่ 3.1 แผนภาพระบบการรับ - ส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สาย Zigbee



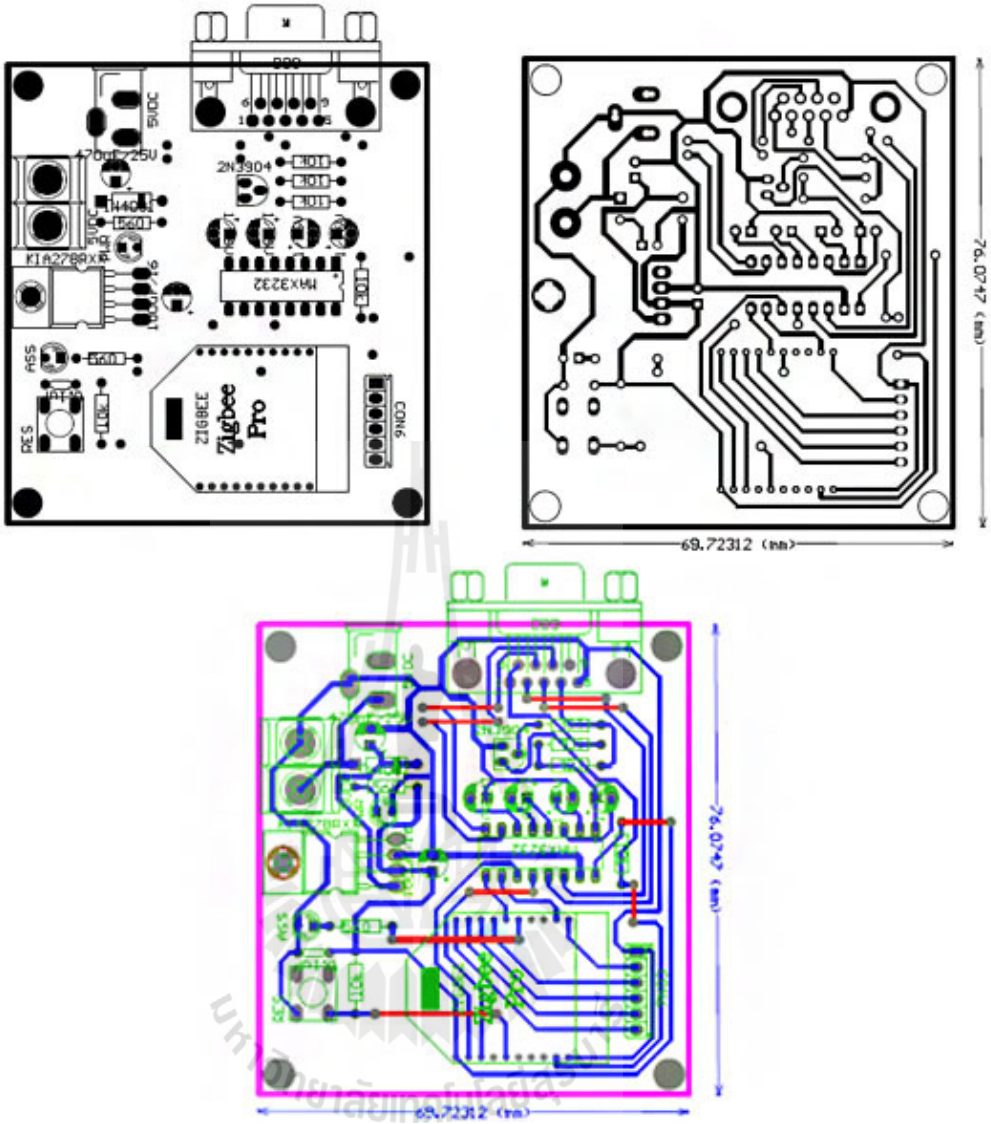
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในสมาร์ทโหนด



รูปที่ 3.3 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในสมาร์ทโหนด



รูปที่ 3.4 วงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม

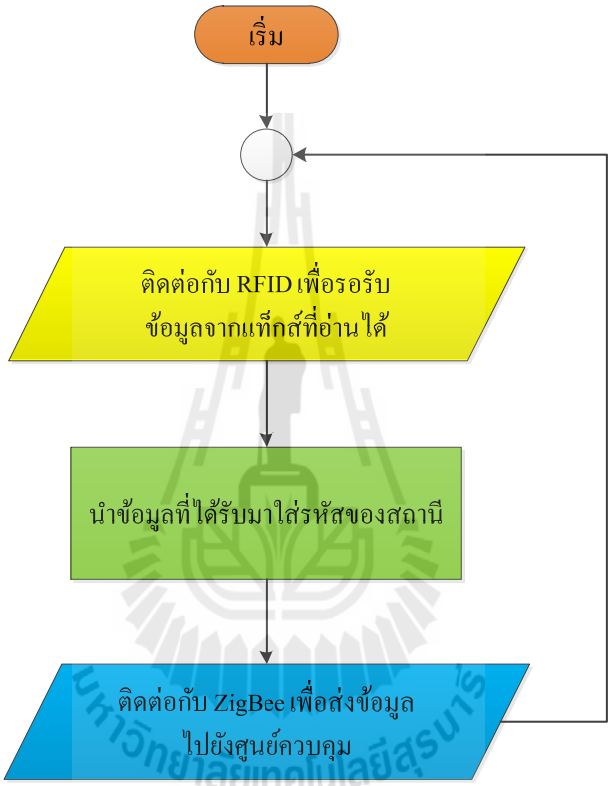


รูปที่ 3.5 PCB ของวงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม

จากภาพในรูปที่ 3.3 เป็นการทำงานของสมาร์ทโหนด คือ เมื่อมีแท็กส์ผ่านเข้ามาอยู่ในระยะการอ่าน เครื่องอ่าน RFID จะทำการส่งข้อมูลที่อ่านได้เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลแล้วส่งไปยังเครือข่ายไร้สาย Zigbee เพื่อส่งต่อไปยังศูนย์ควบคุม และรูปที่ 3.4 เป็นวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และ รูปที่ 3.5 เป็น PCB ของวงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม

และในด้านซอฟต์แวร์มีการเขียนโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรม AVR Studio 4 ในการเขียน ซึ่งกระบวนการการทำงานสำหรับ

โปรแกรมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 3.6 โดยในขั้นตอนของการทำงานนั้นเมื่อเครื่องอ่าน RFID อ่านข้อมูลแท็กส์เข้ามา ข้อมูลที่อ่านได้จะถูกประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการตัดให้เหลือเฉพาะข้อมูลแท็กส์ในส่วนที่ต้องและทำการใส่รหัสของแต่ละสถานีไว้เพื่อให้โปรแกรมฐานข้อมูลนั้นทราบว่าค่าของแท็กส์ถูกส่งมาจากสถานีไหน การจากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย Zigbee ไปยังศูนย์ควบคุมต่อไป

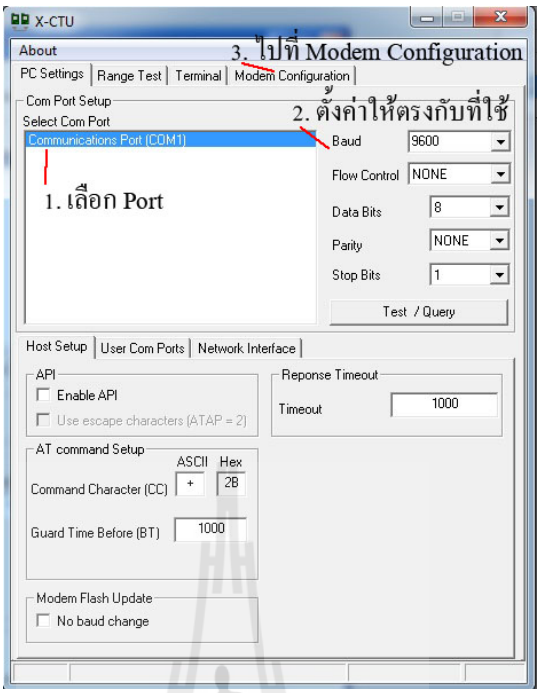


รูปที่ 3.6 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์

เพื่อให้การรับ – ส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สายผ่านอุปกรณ์ Zigbee เป็นไปอย่างถูกต้อง ผู้จัดทำจะปรับตั้งค่าอุปกรณ์ Zigbee ให้มีการ โทโพโลจี (Topology) ของเครือข่ายเป็น Mech Network โดยใช้โปรแกรม X-CTU โดยมีรายละเอียดดังนี้

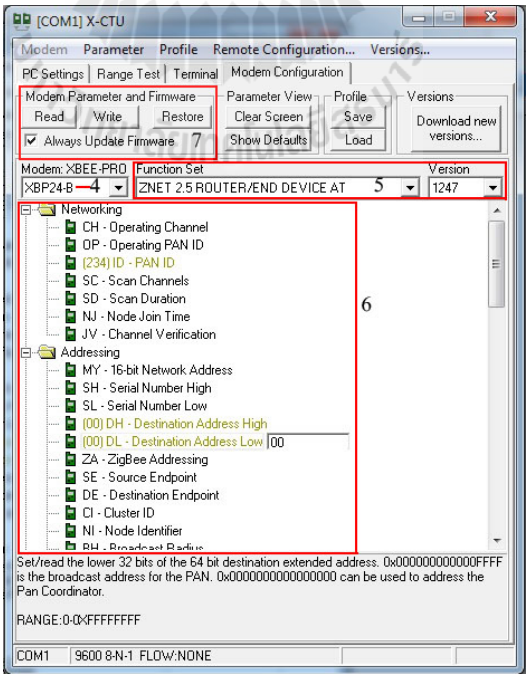
การตั้งค่าของอุปกรณ์ Zigbee โดยใช้โปรแกรม X-CTU มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดโปรแกรม X-CTU และทำการเลือก Com Port ที่เชื่อมต่อเข้ากับ Zigbee ที่จะตั้งค่า
2. ทำการตั้งค่าต่าง ๆ ให้ตรงกับ Zigbee ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 หน้าต่างการตั้งค่าใน X-CTU หน้า PC Settings

3. ไปที่ Modem Configuration จะเป็นหน้าต่างดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 หน้าต่างการตั้งค่าใน X-CTU หน้า Modem Configuration

4. ทำการเลือกรุ่นของ Zigbee ที่ใช้งาน

5. ทำการเลือก Function Set และ Version ที่ใช้งาน

6. ตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

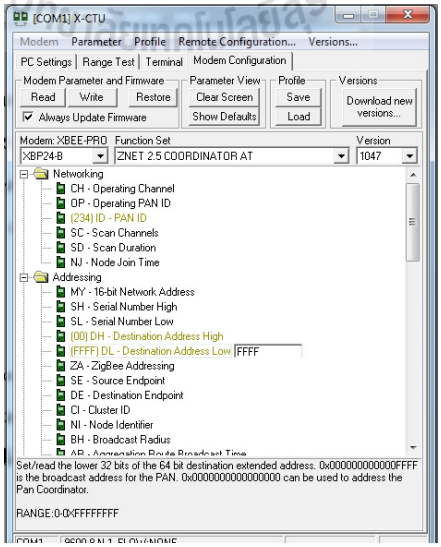
7. เลือก Always Update Firmware แล้วกด Write

รูปที่ 3.7 และ รูปที่ 3.8 เป็นการตั้งค่า Zigbee ซึ่งติดตั้งในส่วนของสมาร์ท ซึ่งจะทำการตั้งค่ารุ่นของ Zigbee เป็น XBP24-B และ Function Set เป็น ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT Version 1247 และตั้งพารามิเตอร์ในส่วนของ PAN ID เป็น 234 เพื่อให้ตรงกับ Zigbee Coordinator และตั้งค่า Destination Address High กับ Destination Address Low เป็น 00

3.4 การออกแบบศูนย์ควบคุม

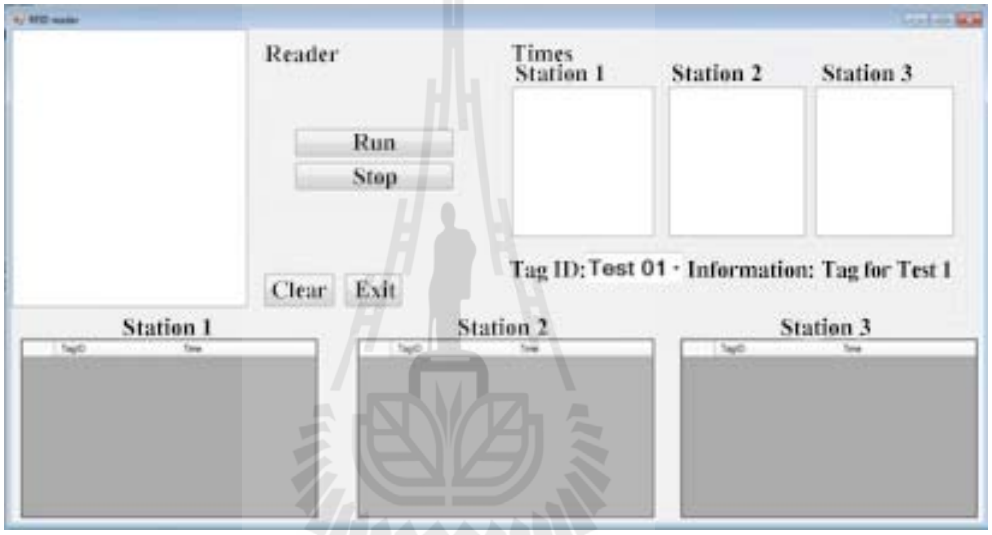
ในส่วนของฮาร์ดแวร์มีการเชื่อมต่อ Zigbee กับคอมพิวเตอร์โดยกำหนดให้เป็น Zigbee Coordinator โดยใช้อุปกรณ์ XBee Explorer Dongle และมีการออกแบบในส่วนของโปรแกรมฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio และ Microsoft Access 2010 เพื่อรับข้อมูลที่ได้จาก Zigbee มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น

ในส่วนของการตั้งค่า Zigbee จะตั้งให้เป็น Coordinator โดยใช้โปรแกรม X-CTU ดังในรูปที่ 3.9 ซึ่งจะมีการตั้งค่ารุ่นเป็น XBP24-B และ Function Set เป็น ZNET 2.5 COORDINATOR AT Version 1047 และตั้งพารามิเตอร์ในส่วนของ PAN ID เป็น 234 เพื่อให้ตรงกับ Zigbee Coordinator และตั้งค่า Destination Address High กับ Destination Address Low เป็น FFFF



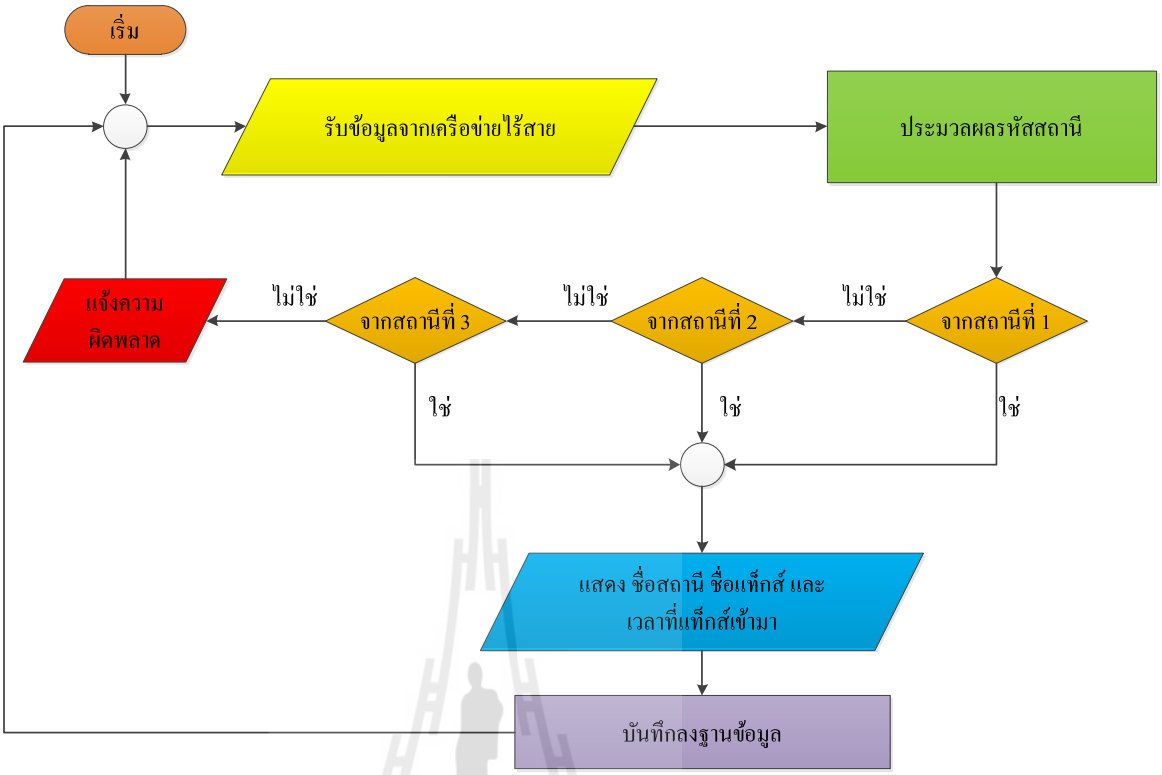
รูปที่ 3.9 การตั้งค่า Zigbee Coordinator

ในส่วนของโปรแกรมฐานข้อมูล จะทำงานเมื่อเครื่องอ่าน RFID ส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย Zigbee มายังศูนย์ควบคุมโปรแกรมฐานข้อมูลจะทำการเก็บค่าเวลาที่แท็กส์นั้น ๆ ส่งมาไว้ในฐานข้อมูล และเมื่อโปรแกรมฐานข้อมูลรับค่ามาจากเครือข่ายไร้สาย ก็จะทำการประมวลผลแล้วเก็บบันทึกค่าลงไปในฐานข้อมูลโดยค่าที่บันทึกลงไปนั้นจะแบ่งออกเป็นข้อมูลของแต่ละสถานี โดยจะบันทึกข้อมูล TagID และเวลาที่แท็กส์ ผ่านสถานีนั้น ๆ เก็บไว้ ซึ่งหน้าต่างของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.10 และแผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ของศูนย์ควบคุมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.10 โปรแกรมฐานข้อมูล

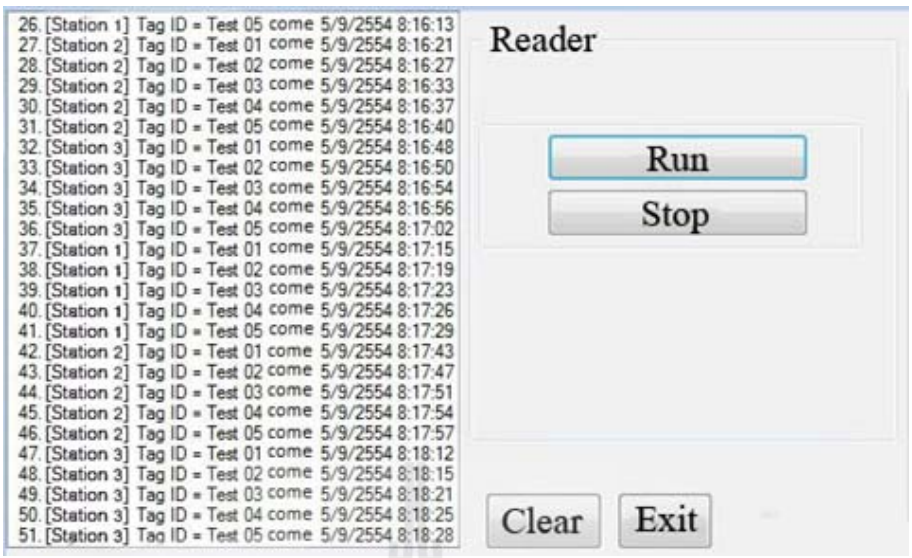
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.11 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ของศูนย์ควบคุม

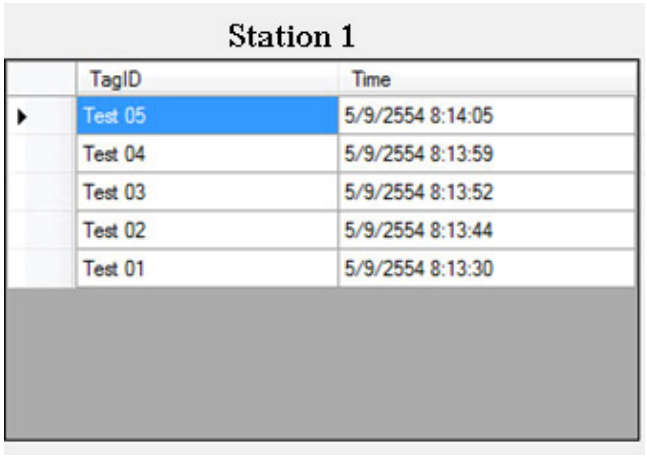
3.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมฐานข้อมูล

เมื่อโปรแกรมฐานข้อมูลเริ่มทำงาน โปรแกรมจะรอรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม ซึ่งเป็นพอร์ตที่เชื่อมต่อเข้ากับ Zigbee เมื่อมีการส่งข้อมูลมาจาก Zigbee โปรแกรมจะทำการตรวจสอบส่วนหัวของข้อมูลเพื่อระบุสถานีที่ส่งมาจากนั้นจะแสดงให้เราเห็นว่ามีแท็กส์เข้ามาเมื่อเวลาเท่าไหร่ดังรูปที่ 3.12 และโปรแกรมจะนำค่าที่ได้ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลและมีการแสดงผลบนโปรแกรมด้วย ซึ่งเราจะเห็นว่าข้อมูลได้ถูกเพิ่มเข้าไปในฐานข้อมูลในส่วนของเวลา (Times) ทางด้านขวาของโปรแกรม และในส่วนของข้อมูลในแต่ละสถานี (Station) ทางด้านล่างของโปรแกรมดังรูปที่ 3.13 และ รูปที่ 3.14

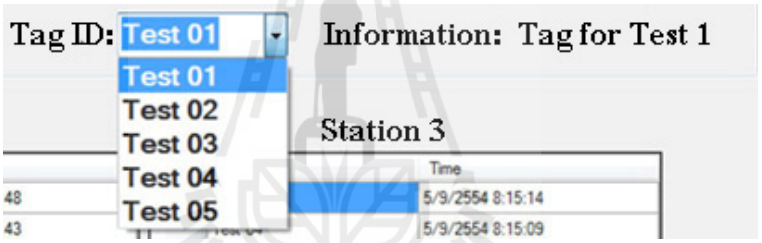


รูปที่ 3.12 โปรแกรมอ่านข้อมูลที่รับได้จาก Zigbee แล้วนำมาแสดงผล

รูปที่ 3.13 ข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลในส่วนของเวลาที่แต่ละสถานีสามารถตรวจจับรถไฟฟ้าได้



รูปที่ 3.14 ข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลในส่วนของแต่ละสถานี ตามลำดับของรถไฟฟ้าที่ตรวจจับได้



รูปที่ 3.15 ข้อมูลแต่ละแท็กส์

3.6 การทดสอบระบบระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้า

จากการออกแบบระบบการส่งข้อมูลของ RFID และเครือข่ายไร้สาย Zigbee และการออกแบบโปรแกรมฐานข้อมูลที่ศูนย์ควบคุม เราได้ทำการติดตั้งสมาร์ทโหนด (Smart Node) ซึ่งประกอบไปด้วย RFID Reader ไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดอุปกรณ์ Zigbee ไว้ตามจุดต่าง ๆ ในเส้นทางการทดสอบเพื่อทดสอบและบันทึกผล ซึ่งเส้นทางในการทดสอบและบันทึกผลนั้นเราได้ทำการทดสอบและบันทึกผลสองครั้งในเส้นทางที่ต่างกัน

3.6.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งสมาร์ทโหนดไว้ที่จุดต่าง ๆ ตามแผนภาพการทดสอบรูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17

2. ติดตั้งแท็กส์เข้ากับรถที่ใช้ในการทดสอบ

3. ทำการเปิดโปรแกรมฐานข้อมูล

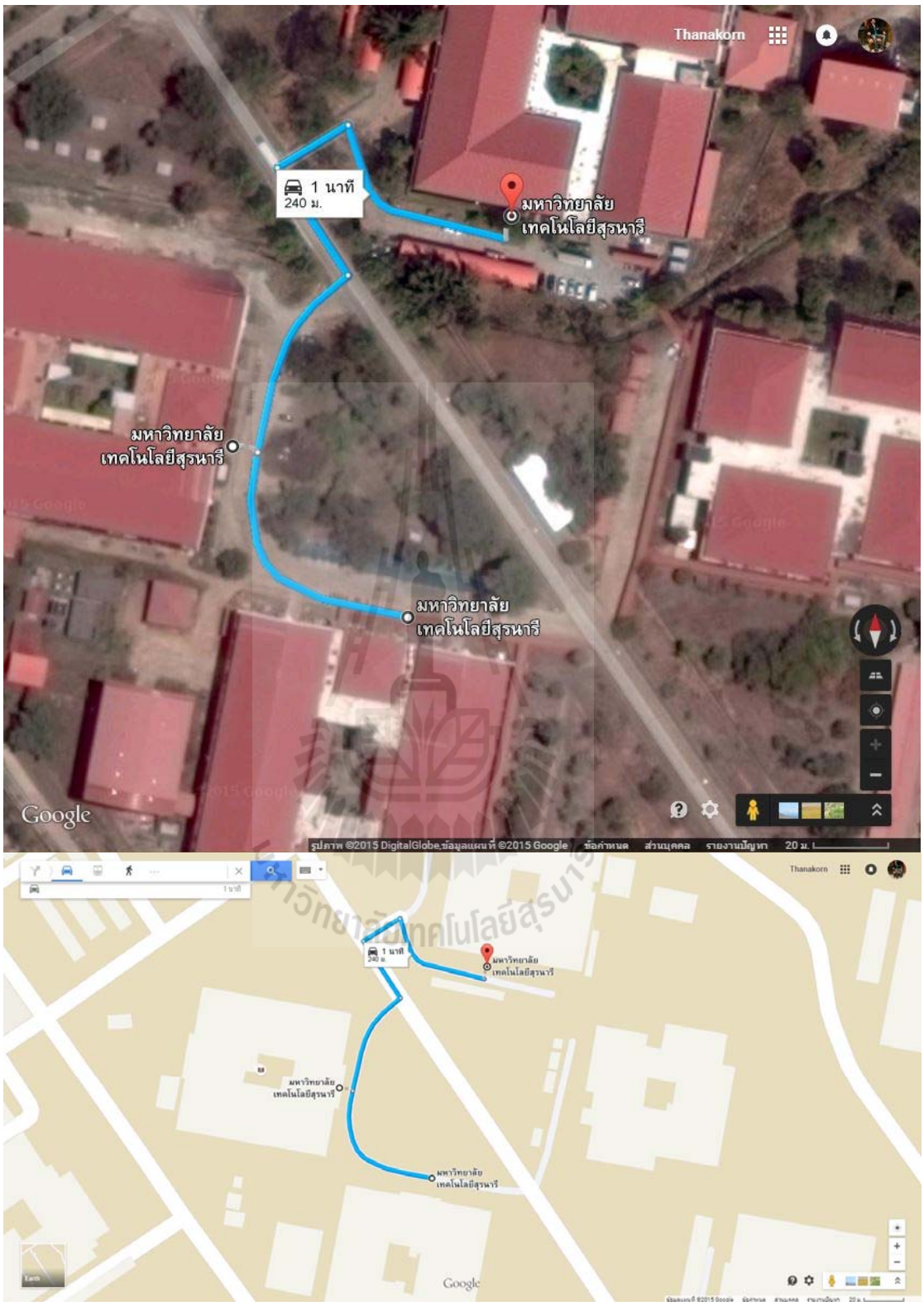
4. นำรถที่ใช้ในการทดสอบขับผ่านสมาร์ทโหนดตามเส้นทางการทดสอบ

5. เก็บรวบรวมผลการทดสอบ

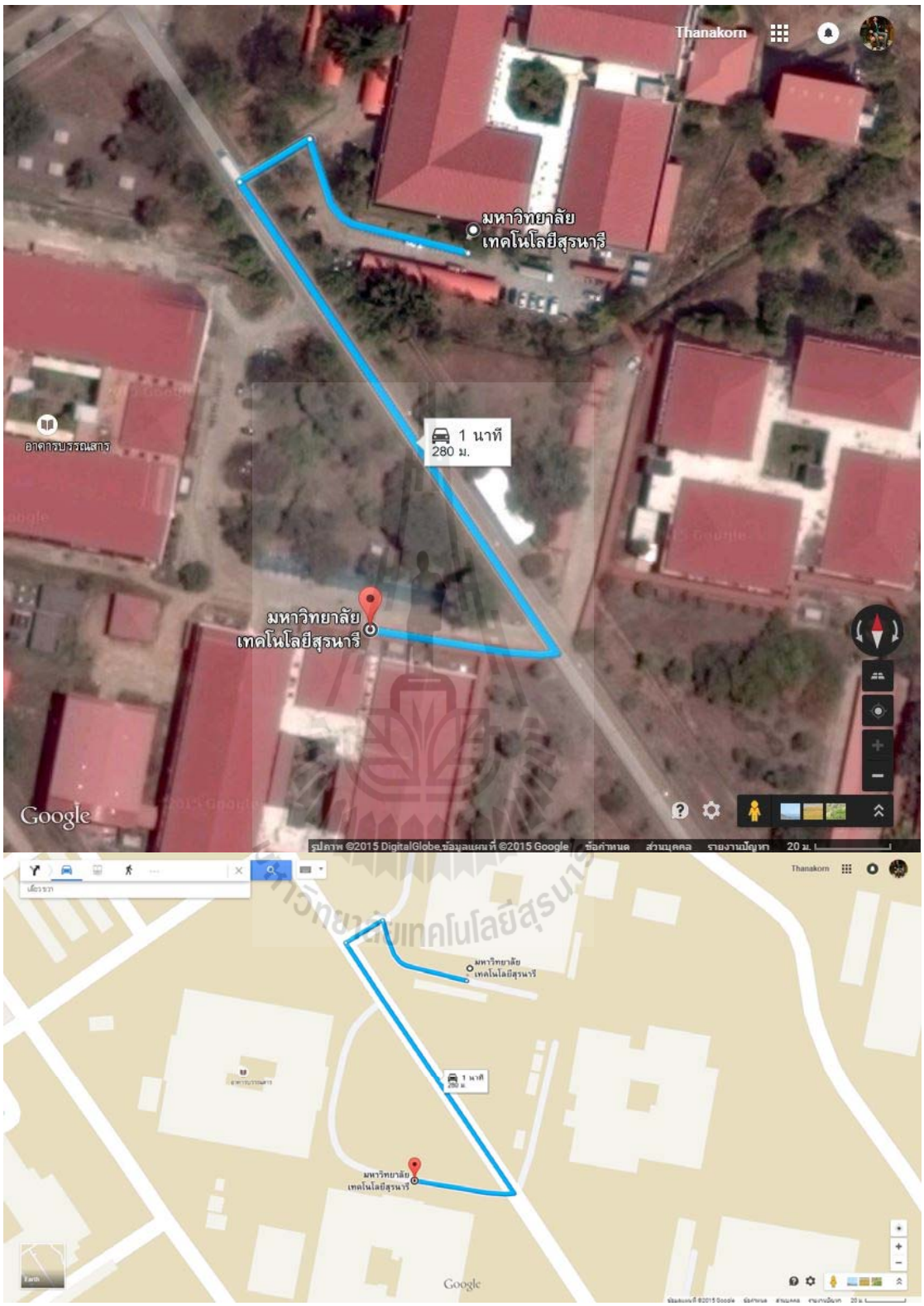
แผนภาพเส้นทางการทดสอบ

เส้นทางการทดสอบที่ 1 เป็นเส้นทางการทดสอบที่ให้รถไฟฟ้าเดินทางผ่านอาคารเครื่องมือต่าง ๆ โดยการเดินทางของรถไฟฟ้าเริ่มจากอาคารเครื่องมือ 5 ไปยังอาคารเครื่องมือที่ 4 ระยะทางประมาณ 70 เมตร และจากอาคารเครื่องมือที่ 4 ไปยังอาคารเครื่องมือที่ 1 ระยะทางประมาณ 170 เมตร ดังในแผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 ขาไป รูปที่ 3.16 จากนั้นให้รถไฟฟ้าเดินทางกลับมายังอาคารเครื่องมือที่ 5 ระยะทางประมาณ 280 เมตร ดังในแผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 ขากลับ รูปที่ 3.17

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



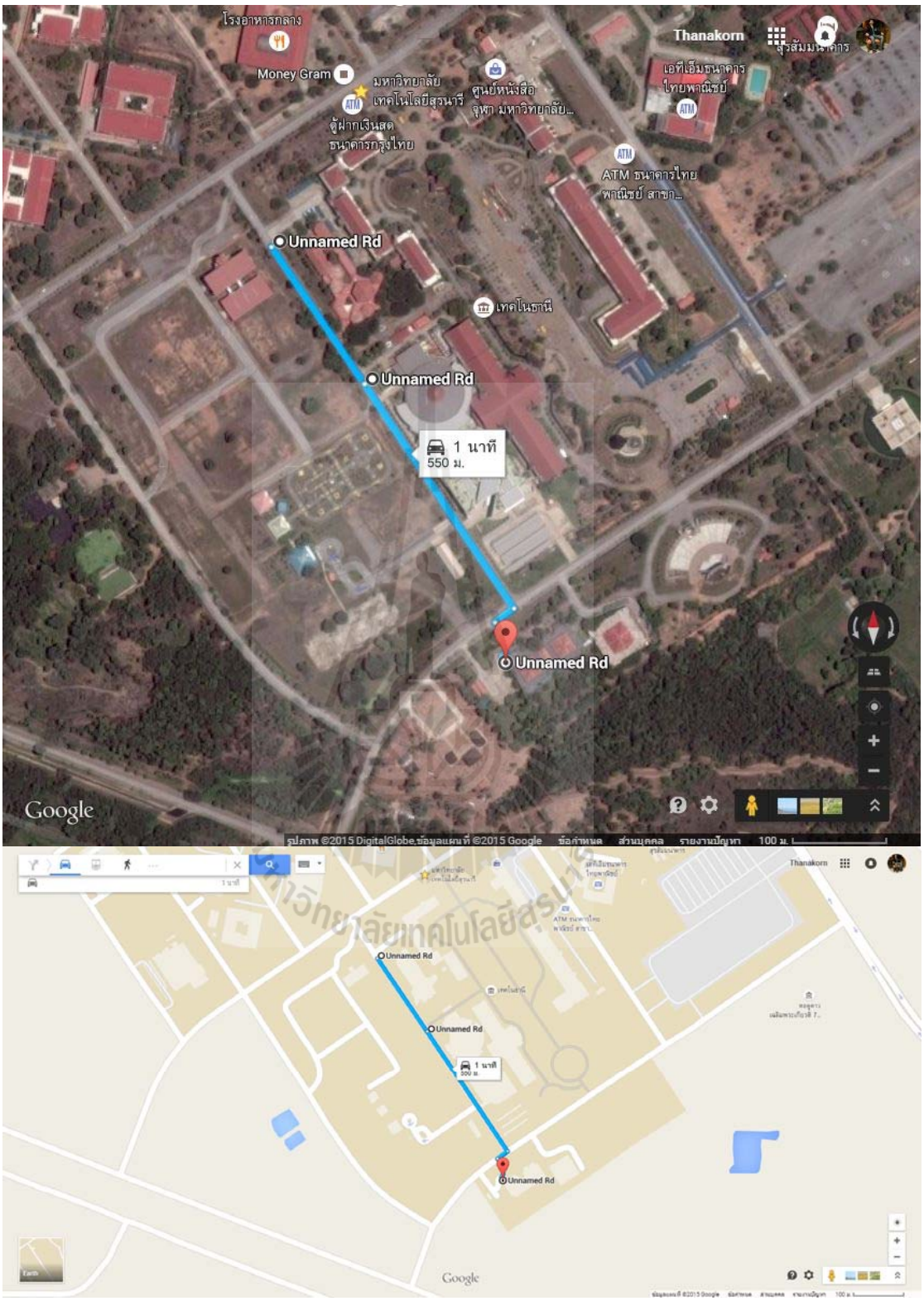
รูปที่ 3.16 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 ขาไป



รูปที่ 3.17 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 ขากลับ

เส้นทางการทดสอบที่ 2 เป็นเส้นทางการทดสอบที่ให้รถไฟฟ้าเดินทางจากอาคารเครื่องมือไปยังไทยศึกษานิทัศน์ โดยการเดินทางของรถไฟฟ้าเริ่มจากผ่านอาคารเครื่องมือ 8 ไปยังสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ระยะทางประมาณ 200 เมตร และจากสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอนไปยังไทยศึกษานิทัศน์ระยะทางประมาณ 400 เมตร จากนั้นให้รถไฟฟ้าเดินทางกลับตามเส้นทางเดิม ดังในแผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2 รูปที่ 3.18

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.18 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2

3.6.2 ผลการทดสอบ

ในการทดสอบนำรถที่ติดตั้งแท็กส์เดินทางไปตามเส้นทางการทดสอบให้เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอ่าน RFID ไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดอุปกรณ์ Zigbee พบว่าเมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด โปรแกรมฐานข้อมูลสามารถรับข้อมูลจากแท็กส์มาเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งมีรถไฟฟ้าติดตั้งแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบดังภาพที่ 3.19 สมาร์ทโหนดที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.20 ศูนย์ควบคุมที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ Zigbee กับคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 3.21 และได้ผลจากการทดสอบสองครั้งดังนี้

รูปที่ 3.19 รถไฟฟ้าติดตั้งแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ

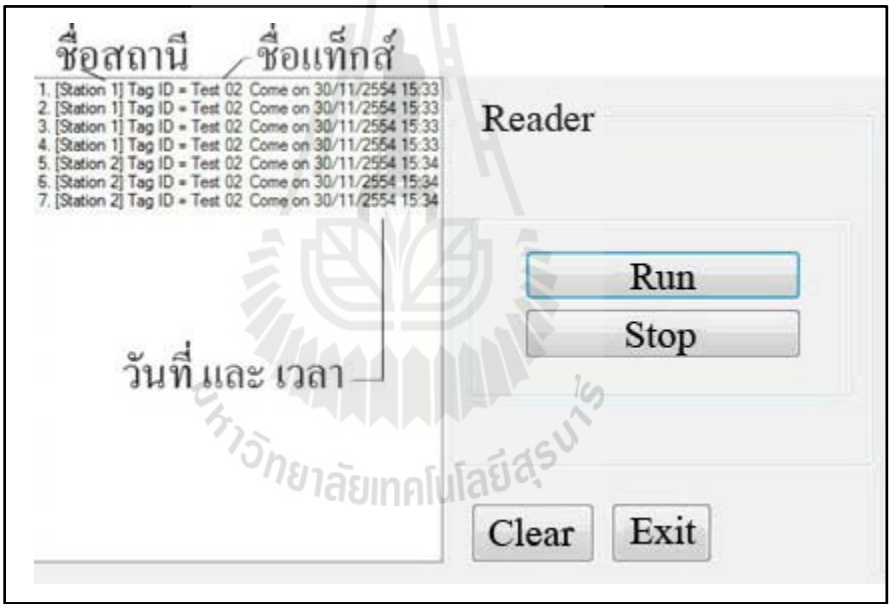
รูปที่ 3.20 สมาร์ทโหนด

รูปที่ 3.21 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Zigbee กับคอมพิวเตอร์

ผลการทดสอบในเส้นทางที่ 1

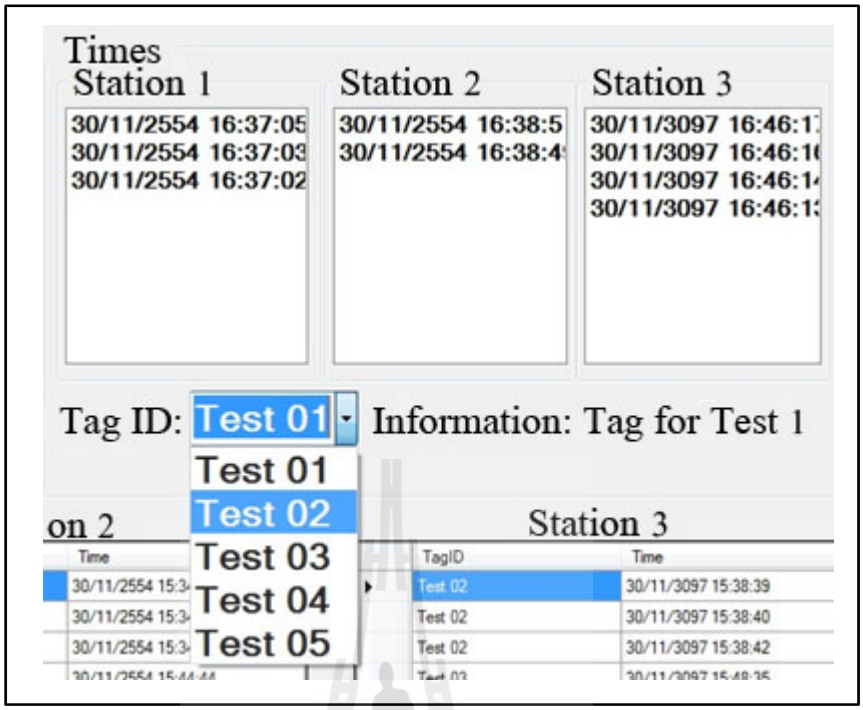
เมื่อทำการนำรถที่ติดตั้งแท็กส์เดินทางไปตามเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 พบว่าเมื่อรถไฟฟ้าที่ติดตั้งแท็กส์เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอ่าน RFID ไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดอุปกรณ์ Zigbee โปรแกรมฐานข้อมูลที่อยู่ในศูนย์ควบคุมสามารถรับข้อมูลจากเครือข่าย Zigbee ได้

เมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดจะมีการส่งข้อมูลของแท็กส์มายังศูนย์ควบคุมผ่านทางเครือข่าย Zigbee โปรแกรมฐานข้อมูลจะทำการประมวลผลเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลที่ส่งมานั้นมาจากสถานีไหนแล้วทำการแสดงผล โดยในส่วนของ Reader จะแสดงรายระเอียดแบบเวลาจริง โดยจะแสดงชื่อสถานี ชื่อแท็กส์ที่เข้ามา วันที่ และเวลา แต่เนื่องจากใช้การหน่วงเวลาที่สั้นเมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านอย่างช้า ๆ ทำให้มีการส่งข้อมูลแท็กส์เดิมซ้ำดังรูปที่ 3.22



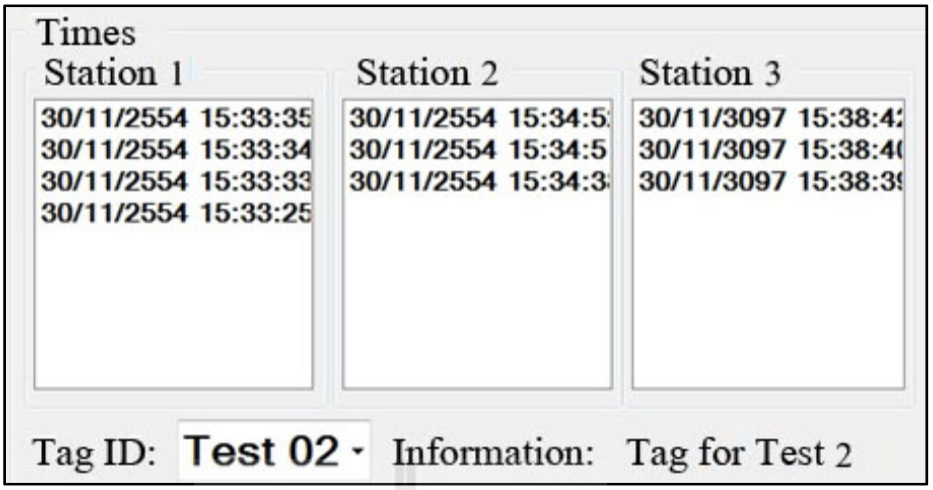
รูปที่ 3.22 ค่าที่ได้เมื่อมีรถไฟฟ้าวิ่งผ่าน

ในส่วนของ Time เราสามารถเลือกที่จะดูข้อมูลเวลาของแต่ละแท็กส์ว่าแท็กส์นั้น ๆ เข้ามายังสถานีเมื่อไหร่ได้ดังรูปที่ 3.23 โดยเมื่อเราเลือกชื่อแท็กส์ จะมีการแสดงข้อมูลรายระเอียดของแท็กส์ วันที่ และเวลาที่แท็กส์เข้ามายังแต่ละสถานี ตัวอย่างเช่น เมื่อเราเลือกแท็กส์ทดสอบที่ 1 จะมีการแสดงเฉพาะวันที่และเวลาที่แท็กส์ทดสอบที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านสถานีดังรูปที่ 3.24 ซึ่งเมื่อเลือกดูแท็กส์ทดสอบที่ 2 แท็กส์ทดสอบที่ 3 แท็กส์ทดสอบที่ 4 และแท็กส์ทดสอบที่ 5 ก็จะมีข้อมูลของแท็กส์นั้น ๆ แสดงดังรูปที่ 3.25 ถึงรูปที่ 3.28 ตามลำดับ

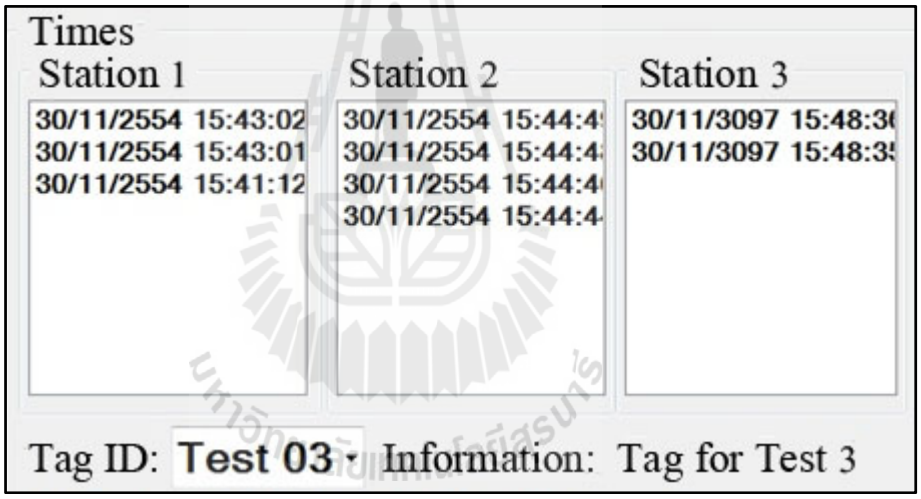


รูปที่ 3.23 การเลือกแสดงผลข้อมูลของแต่ละแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ

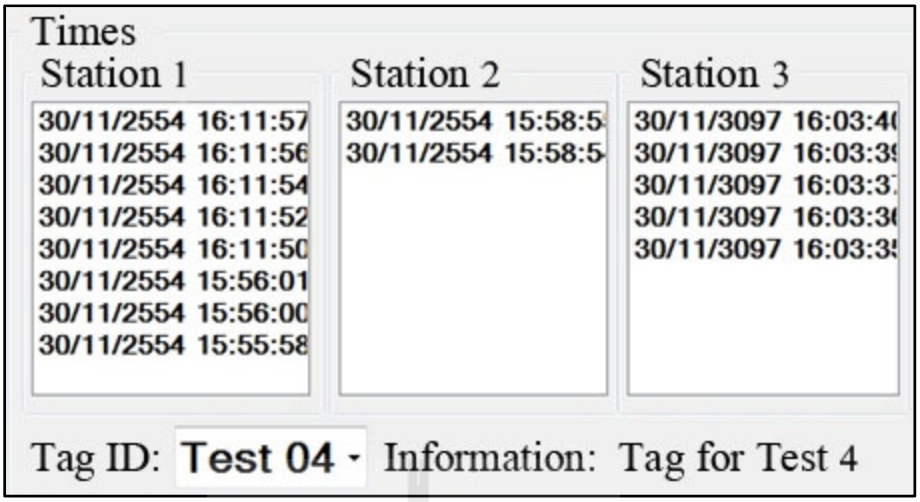
รูปที่ 3.24 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 1



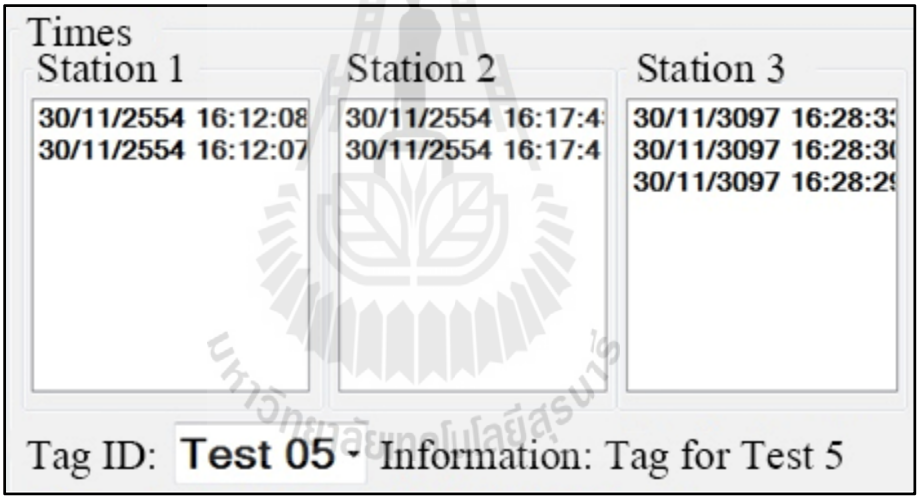
รูปที่ 3.25 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2



รูปที่ 3.26 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3



รูปที่ 3.27 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 4



รูปที่ 3.28 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 5

ในส่วนของข้อมูลแต่ละสถานีโปรแกรมสามารถแสดงข้อมูลของแต่ละสถานีให้ทราบ โดยจะแสดงรายระเอียดต่าง ๆ ของแท็กส์ เช่น ชื่อแท็กส์ วันที่และเวลาที่แท็กส์ผ่าน ดังรูปที่ 3.29 แสดงข้อมูลรายระเอียดชื่อแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 1 และวันที่และเวลาที่แท็กส์นั้นผ่านสถานีที่ 1 และสำหรับสถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 3.30 และรูปที่ 3.31 ตามลำดับ

Station 1

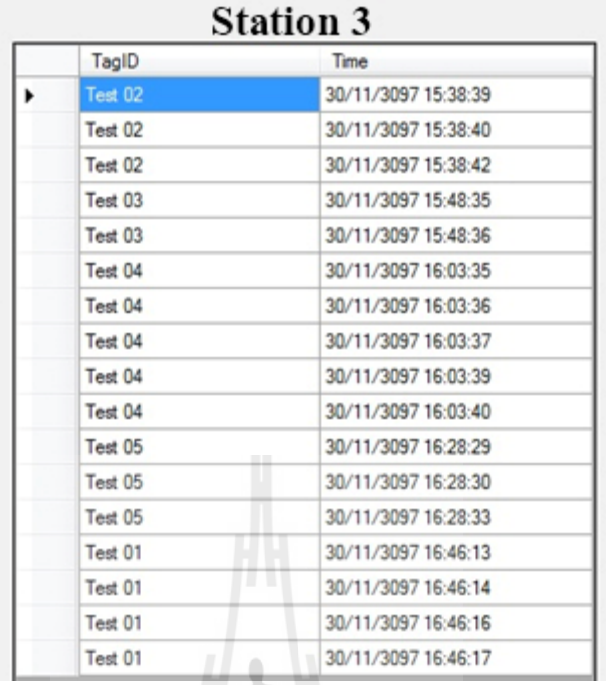
TagID	Time
Test 02	30/11/2554 15:33:25
Test 02	30/11/2554 15:33:33
Test 02	30/11/2554 15:33:34
Test 02	30/11/2554 15:33:35
Test 03	30/11/2554 15:41:12
Test 03	30/11/2554 15:43:01
Test 03	30/11/2554 15:43:02
Test 04	30/11/2554 15:55:58
Test 04	30/11/2554 15:56:00
Test 04	30/11/2554 15:56:01
Test 04	30/11/2554 16:11:50
Test 04	30/11/2554 16:11:52
Test 04	30/11/2554 16:11:54
Test 04	30/11/2554 16:11:56
Test 04	30/11/2554 16:11:57
Test 05	30/11/2554 16:12:07
Test 05	30/11/2554 16:12:08
Test 01	30/11/2554 16:37:02

รูปที่ 3.29 ข้อมูลของสถานีที่ 1

Station 2

TagID	Time
Test 02	30/11/2554 15:34:38
Test 02	30/11/2554 15:34:51
Test 02	30/11/2554 15:34:52
Test 03	30/11/2554 15:44:44
Test 03	30/11/2554 15:44:46
Test 03	30/11/2554 15:44:48
Test 03	30/11/2554 15:44:49
Test 04	30/11/2554 15:58:54
Test 04	30/11/2554 15:58:55
Test 05	30/11/2554 16:17:41
Test 05	30/11/2554 16:17:43
Test 01	30/11/2554 16:38:49
Test 01	30/11/2554 16:38:51

รูปที่ 3.30 ข้อมูลของสถานีที่ 2



Station 3

	TagID	Time
▶	Test 02	30/11/3097 15:38:39
	Test 02	30/11/3097 15:38:40
	Test 02	30/11/3097 15:38:42
	Test 03	30/11/3097 15:48:35
	Test 03	30/11/3097 15:48:36
	Test 04	30/11/3097 16:03:35
	Test 04	30/11/3097 16:03:36
	Test 04	30/11/3097 16:03:37
	Test 04	30/11/3097 16:03:39
	Test 04	30/11/3097 16:03:40
	Test 05	30/11/3097 16:28:29
	Test 05	30/11/3097 16:28:30
	Test 05	30/11/3097 16:28:33
	Test 01	30/11/3097 16:46:13
	Test 01	30/11/3097 16:46:14
	Test 01	30/11/3097 16:46:16
	Test 01	30/11/3097 16:46:17

รูปที่ 3.31 ข้อมูลของสถานีที่ 3

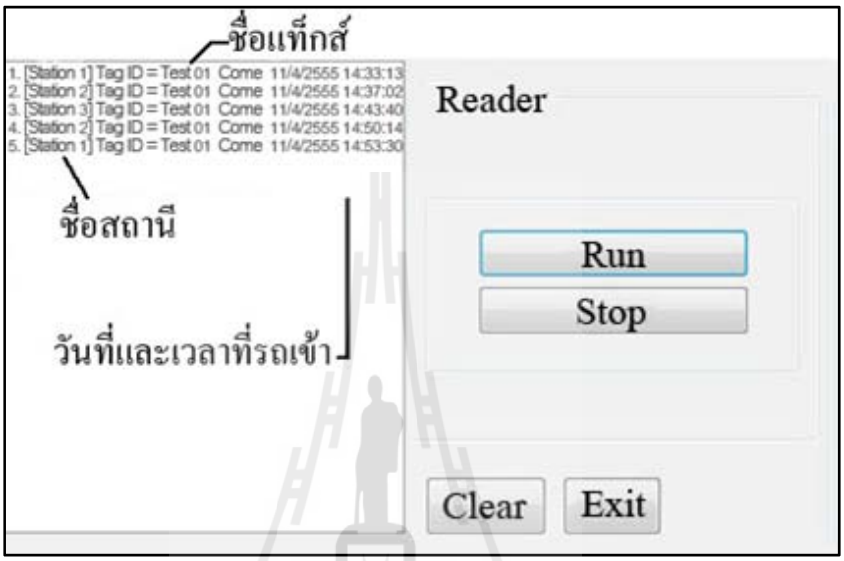
ตารางที่ 3.1 สรุปผลการทดสอบในเส้นทางที่ 1

สถานี / ชื่อแท็กส์	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3
Test 02	15:33:35	15:34:52	15:38:42
Test 03	15:43:02	15:44:49	15:48:36
Test 04	15:56:01	15:58:55	16:03:40
Test 05	16:12:08	16:17:43	16:28:33
Test 01	16:37:05	16:38:51	16:46:17

ผลการทดสอบในเส้นทางที่ 2

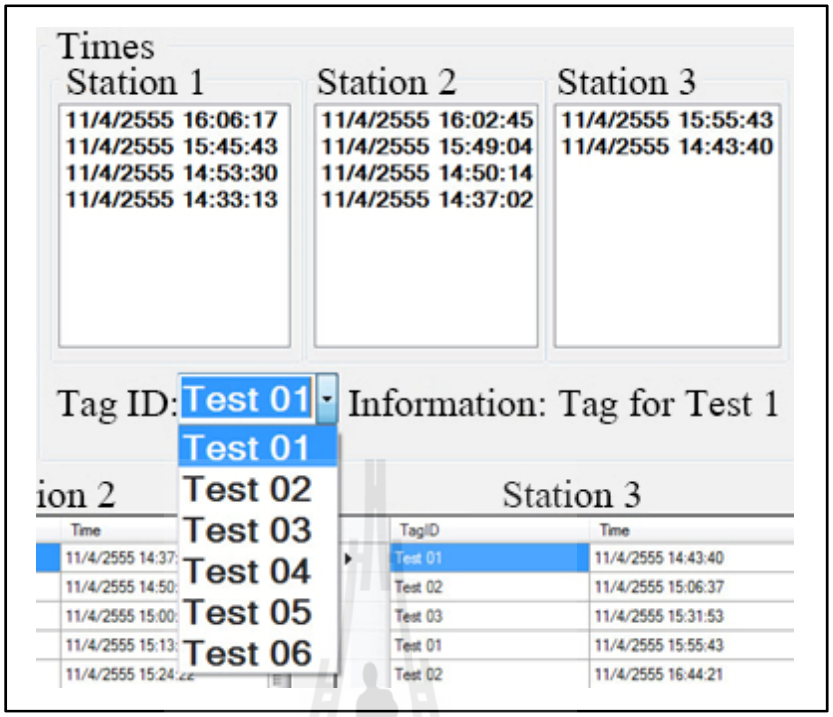
เมื่อทำการนำรถที่ติดตั้งแท็กส์เดินทางไปตามเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2 พบว่าเมื่อรถไฟฟ้าที่ติดตั้งแท็กส์เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอ่าน RFID ไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดอุปกรณ์ Zigbee โปรแกรมฐานข้อมูลที่อยู่ในศูนย์ควบคุมสามารถรับข้อมูลจากเครือข่าย Zigbee ได้

เมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดจะมีการส่งข้อมูลของแท็กส์มายังศูนย์ควบคุมผ่านทางเครือข่าย Zigbee โปรแกรมฐานข้อมูลจะทำการประมวลผลเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลที่ส่งมานั้นมาจากสถานีไหนแล้วทำการแสดงผล โดยในส่วนของ Reader จะแสดงรายระเอียดแบบเรียลไทม์ โดนจะแสดงชื่อสถานี ชื่อแท็กส์ที่เข้ามา วันที่ และเวลาดังรูปที่ 3.32

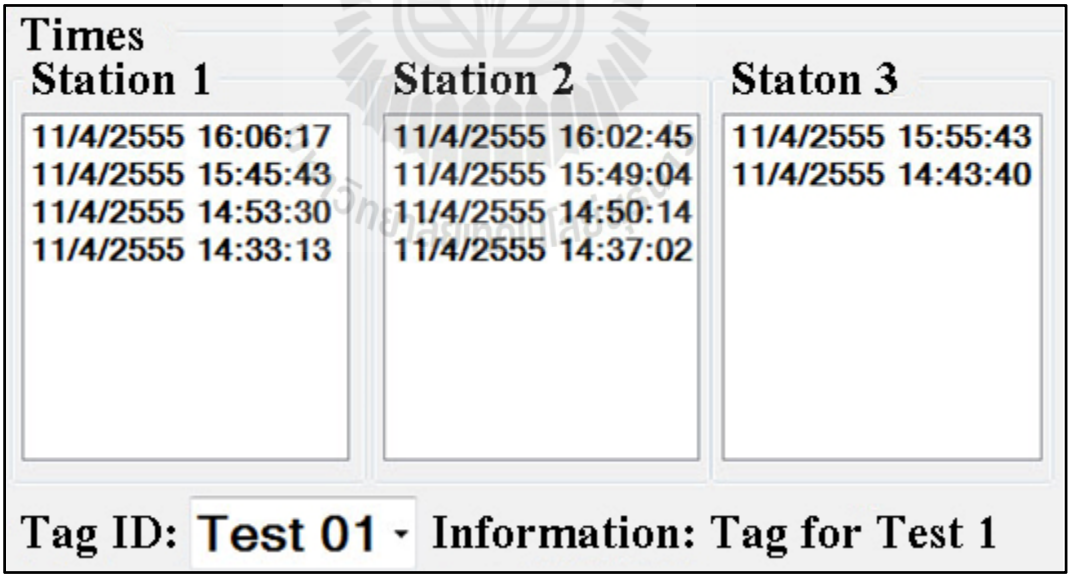


รูปที่ 3.32 ค่าที่ได้เมื่อมีรถไฟฟ้าวิ่งผ่าน

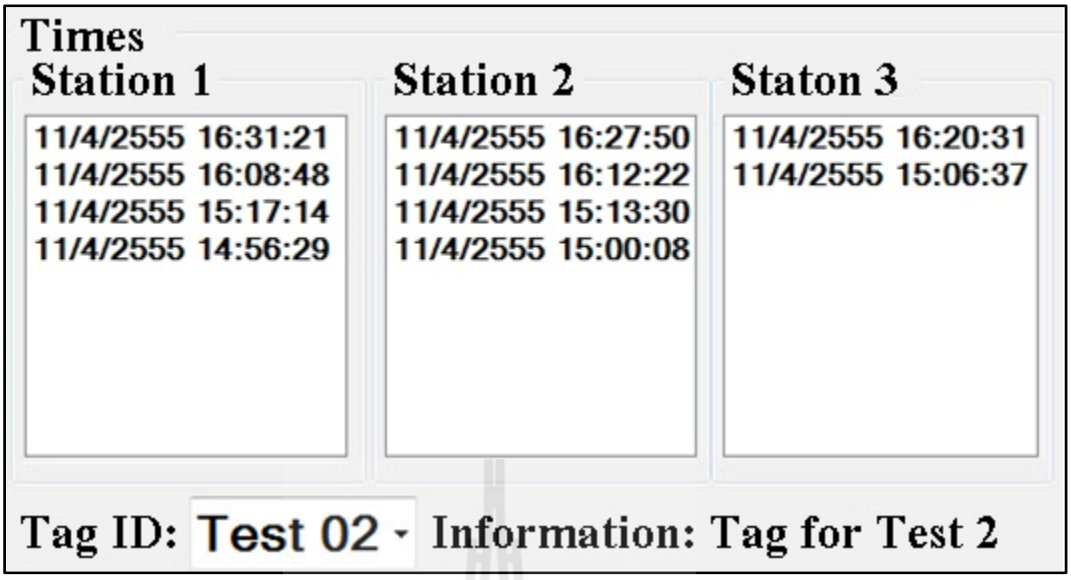
ในส่วนของ Time เราสามารถเลือกที่จะดูข้อมูลเวลาของแต่ละแท็กส์ว่าแท็กส์นั้น ๆ เข้ามายังสถานีเมื่อไหร่ได้ดังรูปที่ 3.33 โดยเมื่อเราเลือกชื่อแท็กส์ จะมีการแสดงข้อมูลรายระเอียดของแท็กส์ วันที่ และเวลาที่แท็กส์เข้ามายังแต่ละสถานี ตัวอย่างเช่น เมื่อเราเลือกแท็กส์ทดสอบที่ 1 จะมีการแสดงเฉพาะวันที่และเวลาที่แท็กส์ทดสอบที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านสถานีดังรูปที่ 3.34 ซึ่งเมื่อเลือกดูแท็กส์ทดสอบที่ 2 ก็จะเป็นข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2 ดังรูปที่ 3.35 และเมื่อเลือกแท็กส์ทดสอบที่ 3 ก็จะเป็นข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3 ดังรูปที่ 3.36



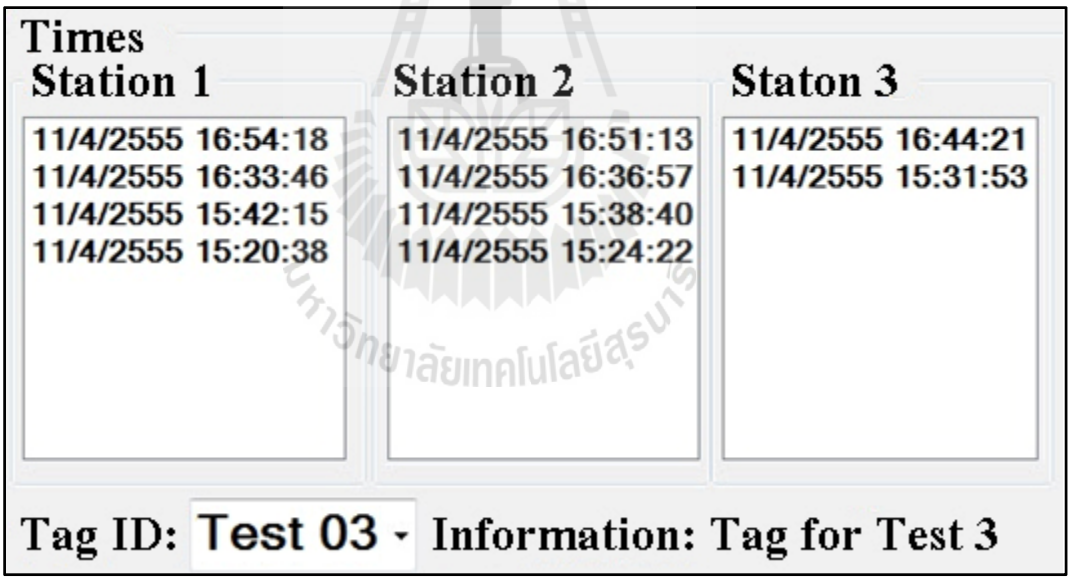
รูปที่ 3.33 การเลือกแสดงผลข้อมูลของแต่ละแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3.34 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 1

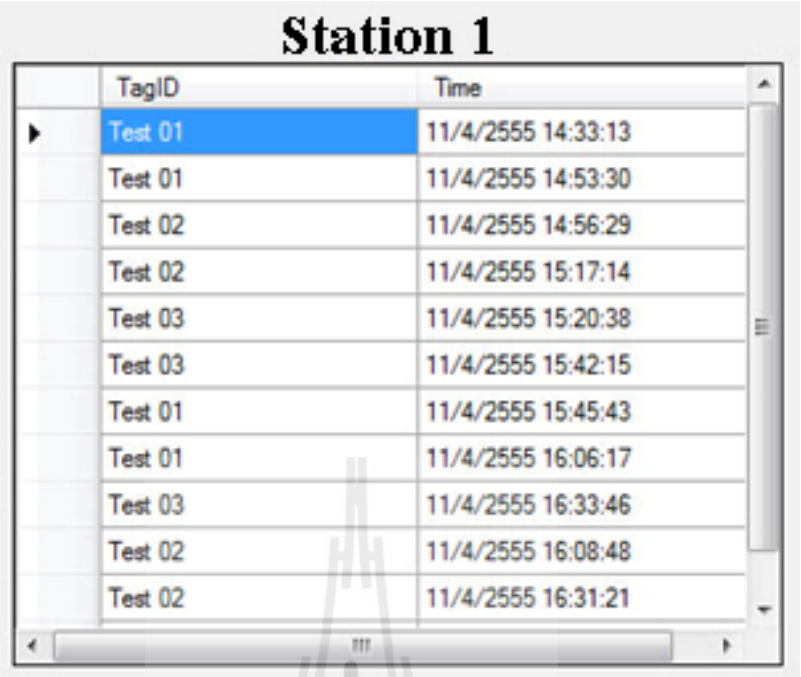


รูปที่ 3.35 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2



รูปที่ 3.36 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3

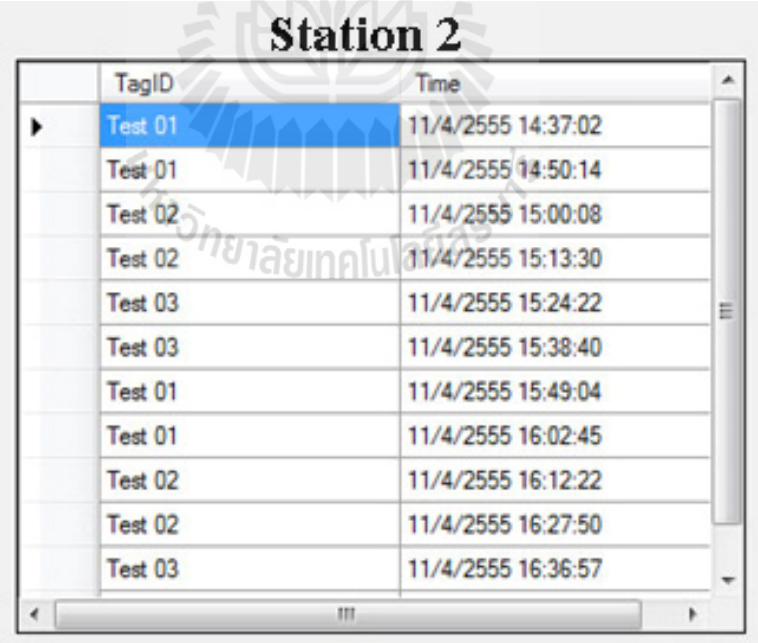
ในส่วนของข้อมูลแต่ละสถานีก็จะแสดงข้อมูลของแต่ละสถานีให้ทราบ โดยจะแสดงรายระเอียดของชื่อแท็กส์ที่ผ่าน วันที่และเวลาที่แท็กส์ผ่าน ดังรูปที่ 3.37 แสดงข้อมูลรายระเอียดชื่อแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 1 และวันที่และเวลาที่แท็กส์นั้นผ่านสถานีที่ 1 และสำหรับสถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 3.38 และรูปที่ 3.39 ตามลำดับ



Station 1

TagID	Time
Test 01	11/4/2555 14:33:13
Test 01	11/4/2555 14:53:30
Test 02	11/4/2555 14:56:29
Test 02	11/4/2555 15:17:14
Test 03	11/4/2555 15:20:38
Test 03	11/4/2555 15:42:15
Test 01	11/4/2555 15:45:43
Test 01	11/4/2555 16:06:17
Test 03	11/4/2555 16:33:46
Test 02	11/4/2555 16:08:48
Test 02	11/4/2555 16:31:21

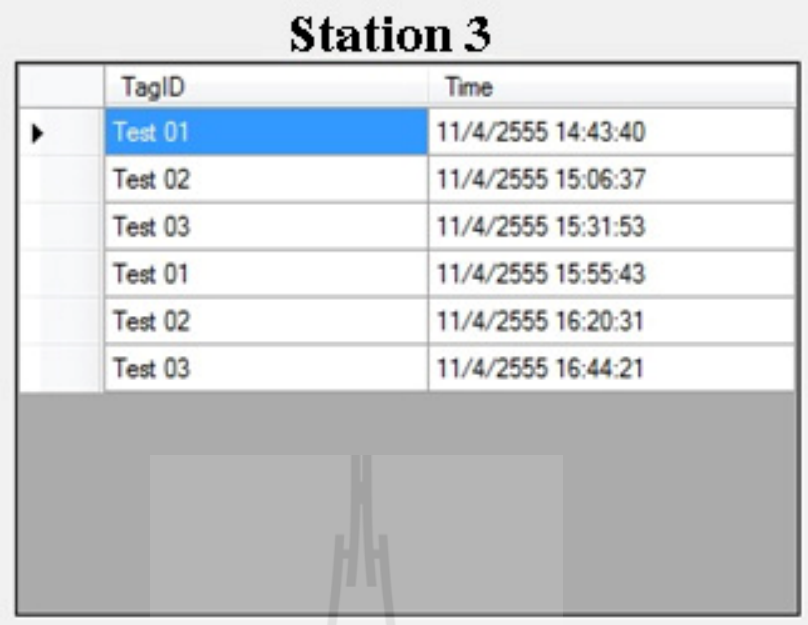
รูปที่ 3.37 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 1



Station 2

TagID	Time
Test 01	11/4/2555 14:37:02
Test 01	11/4/2555 14:50:14
Test 02	11/4/2555 15:00:08
Test 02	11/4/2555 15:13:30
Test 03	11/4/2555 15:24:22
Test 03	11/4/2555 15:38:40
Test 01	11/4/2555 15:49:04
Test 01	11/4/2555 16:02:45
Test 02	11/4/2555 16:12:22
Test 02	11/4/2555 16:27:50
Test 03	11/4/2555 16:36:57

รูปที่ 3.38 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 2



รูปที่ 3.39 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 3

ตารางที่ 3.2 สรุปผลการทดสอบในเส้นทางที่ 2

สถานี / ชื่อแท็กส์	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 2	สถานีที่ 1
Test 01	14:33:13	14:37:12	14:43:40	14:50:14	14:53:30
Test 02	14:56:29	15:00:08	15:06:37	15:13:30	15:17:14
Test 03	15:20:38	15:24:22	15:31:53	15:38:40	15:42:15
Test 01	15:45:43	15:49:04	15:55:43	16:02:45	16:06:17
Test 02	16:08:48	16:12:22	16:20:31	16:27:50	16:31:21
Test 03	16:33:46	16:36:57	16:44:21	16:51:13	16:54:18

3.6.3 การคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าในเส้นทางที่ 1 และเส้นทางที่ 2

เราสามารคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าที่กำลังเดินทางอยู่ได้จากระยะทางของแต่ละสถานีและระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถไฟฟ้าใช้ในการเดินทาง

ในเส้นทางการทดสอบที่ 1 จากอาคารเครื่องมือ 5 ไปยังอาคารเครื่องมือที่ 4 ระยะทางประมาณ 70 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 2 นาที จากอาคารเครื่องมือที่ 4 ไปยังอาคารเครื่องมือที่ 1 ระยะทางประมาณ 170 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 6 นาที และระยะทางที่รถไฟฟ้าเดินทางกลับมายังอาคารเครื่องมือที่ 5 ระยะทางประมาณ 280 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 7 นาที

ในเส้นทางการทดสอบที่ 2 จากอาคารเครื่องมือ 8 ไปยังสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ระยะทางประมาณ 180 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 4 นาที และจากสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ไปยังไทยศึกษานิทัศน์ระยะทางประมาณ 350 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 7 นาที จากนั้นให้รถไฟฟ้าเดินทางกลับตามเส้นทางเดิมจากไทยศึกษานิทัศน์ ไปยังสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ระยะทางประมาณ 350 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 7 นาที และจากสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ไปยังอาคารเครื่องมือ 8 ระยะทางประมาณ 180 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 4 นาที

3.7 สรุป

บทนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบระบุตำแหน่งรถโดยได้ทำการติดตั้งสมาร์ทโหนดไว้ตามจุดต่าง ๆ เพื่อทำหน้าที่คอยอ่านแท็กส์ซึ่งติดตั้งไว้ที่รถไฟฟ้า เมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่าน RFID จะทำการอ่านข้อมูลแล้วส่งข้อมูลนั้นไปยังศูนย์ควบคุมผ่านทางเครือข่ายไร้สาย Zigbee สมาร์ทโหนดจะประกอบด้วย เครื่องอ่าน RFID ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ Zigbee โดยมีการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และเขียนโปรแกรมฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลการทำงานของรถไฟฟ้าที่วิ่งทดสอบในเส้นทางต่าง ๆ และเมื่อทดสอบโดยการนำรถที่ติดตั้งแท็กส์วิ่งผ่าน พบว่าเมื่อรถเคลื่อนที่ผ่านโปรแกรมฐานข้อมูลสามารถรับข้อมูลของแท็กส์ที่ส่งมาทางเครือข่ายไร้สายของ Zigbee มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลได้ แต่จากผลการทดสอบในครั้งที่ 1 โดยใช้เส้นทางที่ 1 พบว่าเวลาของแท็กส์ที่เข้ามายังแต่ละสถานีมีหลายค่าเวลาใกล้ ๆ กันเนื่องมาจากสมาร์ทโหนดยังมีการอ่านและส่งข้อมูลแท็กส์เดิมซ้ำ ๆ กันจึงทำให้ค่าเวลาของแต่ละแท็กส์ที่เข้าสถานีมีหลายค่าเวลา เมื่อทดสอบสอบครั้งที่ 2 ในเส้นทางที่ 2 มีการปรับปรุงแก้ไขแล้วพบว่าไม่มีการอ่านและส่งข้อมูลแท็กส์เดิมซ้ำ ๆ กันอีก และจากผลตามตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 ทำให้ทราบระยะเวลาเฉลี่ยที่รถไฟฟ้าจะใช้ในการเดินทางจากสถานีหนึ่งไปอีกสถานีหนึ่งทำให้สามารถที่จะคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าขณะกำลังเคลื่อนที่อยู่ได้

บทที่ 4
การตรวจสอบความผิดปกติในการทำงานของสมาร์ทโหนด

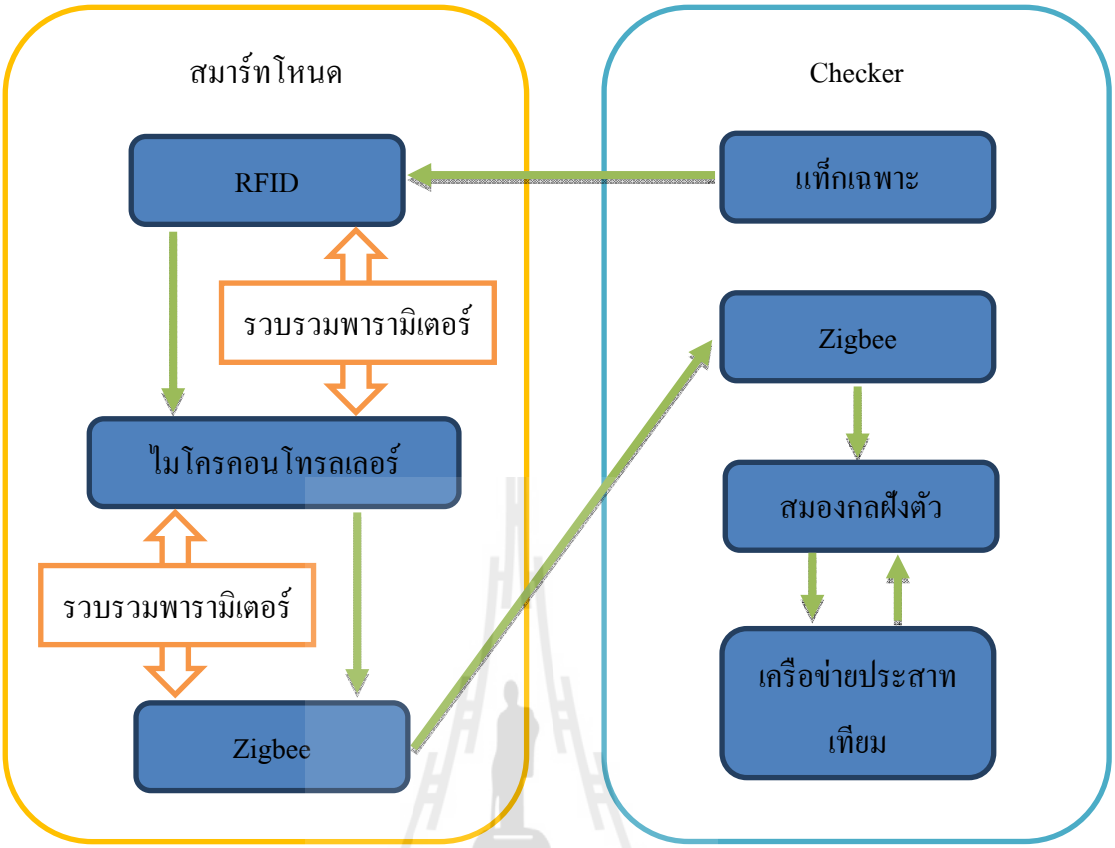
4.1 บทนำ

ในบทที่ผ่านมาได้มีการออกแบบการระบุตำแหน่งรถไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์ RFID ร่วมกับระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee จึงได้มีการสร้างสมาร์ทโหนดขึ้นมาเพื่อให้ RFID สามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายไร้สายของ Zigbee ได้ ในวิทยานิพนธ์ดังกล่าวได้ทำการทดสอบการระบุตำแหน่งรถไฟฟ้ากับพื้นที่ที่มีขนาดเล็กและมีการติดตั้งสมาร์ทโหนดจำนวนไม่มากนักทำให้การดูแลสมาร์ทโหนดจึงทำได้ง่าย แต่เมื่อนำการระบุตำแหน่งรถไฟฟ้านี้ไปใช้จริงกับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เช่น ระบบรถเมล์สำหรับขนส่งมวลชนของเมืองใหญ่ ๆ จะมีการส่งข้อมูลจำนวนมาก และต้องมีการติดตั้งสมาร์ทโหนดเป็นจำนวนมากเช่นเดียวกัน การดูแลสมาร์ทโหนดเพื่อไม่ให้เกิดความผิดปกติขึ้นจึงเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลามาก วิทยานิพนธ์ในบทนี้จึงได้นำระบบเครือข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติในการทำงานของสมาร์ทโหนดโดยทำการติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวที่มีอัลกอริทึมการตรวจสอบความผิดปกติไว้กับยานพาหนะที่จะใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด (Checker) จากนั้นเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่มีการติดตั้งสมาร์ทโหนดไว้ เมื่อยานพาหนะที่มี Checker เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดระบบตรวจสอบความผิดปกติก็จะแจ้งให้ทราบว่าสมาร์ทโหนดนั้นทำงานได้ปกติหรือไม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สมาร์ทโหนดประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 อย่าง คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ RFID และ อุปกรณ์ Zigbee อุปกรณ์ดังกล่าวเมื่อใช้งานเป็นเวลาอาจเกิดความผิดปกติขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์จากความร้อนและความชื้น การรวนของระบบเนื่องจากการใช้มาเป็นเวลานาน และการรวนของระบบเนื่องจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าขัดข้อง เป็นต้น จึงต้องมีการตรวจสอบเพื่อไม่ให้เกิดความผิดปกติ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการตรวจสอบดังกล่าว ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์จึงได้ทำการออกแบบระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด โดยทำการติดตั้งระบบตรวจสอบความผิดปกติไว้ที่รถยนต์ที่จะใช้ในการตรวจสอบหรือ Checker แล้วเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด ก็จะสามารถทราบได้ทันทีว่าอุปกรณ์ในสมาร์ทโหนดทำงานปกติหรือไม่ แผนภาพการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด

4.3 หลักการการออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด

ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้เทคโนโลยีในการค้นหาความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในสมาร์ทโหนด ซึ่งเทคโนโลยีที่นำมาใช้คือ ปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งปัจจุบันเป็นวิทยาการที่เป็นที่นิยมอย่างมากเนื่องจากการทำงานของปัญญาประดิษฐ์นั้นจะมีแนวคิดที่เน้นเหตุผลเป็นหลักจึงสามารถนำปัญญาประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างหลายหลาย ในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เลือกใช้วิธีการหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ซึ่งก็คือเครือข่ายประสาทเทียม เนื่องจากมีความสามารถในการจำชุดของคู่อินพุต – เอาต์พุตที่มีความซับซ้อนมากจนไม่สามารถจำลองแบบในเชิงความน่าจะเป็นได้ และมีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ไม่เคยเห็นได้

การออกแบบระบบเครือข่ายประสาทเทียมเพื่อใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของแต่ละอุปกรณ์ภายในสมาร์ทโหนดนั้น การสร้างเครือข่ายจะใช้ฟังก์ชัน net = newff ซึ่งจะเป็นการสร้าง

เครือข่ายป้อนไปข้างหน้าจากกล่องเครื่องมือของโปรแกรม MATLAB ทำการสร้างเครือข่ายด้วยคำสั่ง

net = newff (P, T, S, TF, BTF, BLF, PF, IPF, OPF, DDF) (4.1)

โดยที่ P คือ เมตริกซ์ขนาด RxQ ของเวกเตอร์อินพุตขนาด R จำนวน Q เวกเตอร์

T คือ เมตริกซ์ขนาด SNxQ ของเวกเตอร์เป้าหมายขนาด SN จำนวน Q เวกเตอร์

Si คือ ขนาดของชั้นที่ i สำหรับทั้งหมด N-1 ชั้น ตั้งแต่ S1 ถึง S(N-1) (ขนาดของ SN จะเป็นชั้นเอาต์พุตจะกำหนดตาม T)

TFi คือ ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function) ของชั้นที่ i

BTF คือ ฟังก์ชันการฝึกสอนเครือข่ายแบบแพร่กลับ (Backprop network training function)

BLF คือ ฟังก์ชันการเรียนรู้น้ำหนักประสาทแบบแพร่กลับ (Backprop weight/bias learning function)

PF คือ ฟังก์ชันประเมินค่า (Performance function)

โดยในแต่ละชั้นของชั้นซ่อนจะต้องมีการกำหนดขนาดของนิวรอนและฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้เพื่อให้เครือข่ายประสาทเทียมมีค่าประสิทธิภาพตามที่เราต้องการ ซึ่งฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นส่วนที่ทำหน้าที่รวมค่าเชิงตัวเลขจากเอาต์พุตของนิวรอน แล้วทำการตัดสินใจว่าจะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกไปในรูปแบบใด ฟังก์ชันถ่ายโอนสามารถเป็นได้ทั้งแบบเชิงเส้นหรือไม่เป็นเชิงเส้น การเลือกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบ ที่นำเอาเครือข่ายประสาทเทียมไปประยุกต์ใช้ ฟังก์ชันถ่ายโอนมีอยู่หลายแบบ ตัวอย่างแบบที่มีการใช้งานทั่ว ๆ ไปมากที่สุด เช่น ฮาร์ดลิมิต (Hard-limit Hardlim) ฮาร์ดลิมิตแบบสมมาตร (Symmetric hard-limit Hardlims) เส้นตรง (Linear Purelin) เส้นตรงบวก (Positive linear Poslin) ซิกมอยแบบลอการิทึม (Log-sigmoid Logsig) ซิกมอยแบบเส้นสัมผัสไฮเปอร์โบลาร์ (Hyperbolic tangent sigmoid Tansig) และ ฐานรัศมี (Radial basis Radbas) เมื่อทำการสร้างเครือข่ายแล้วในการฝึกสอนเครือข่ายจะใช้คำสั่ง

[NET, TR] = train (net, P, T) (4.2)

โดยที่ net คือ เครือข่ายที่ต้องการฝึกสอน

P คือ ค่าอินพุต

T คือ ค่าเป้าหมาย

NET คือ เครือข่ายที่ผ่านการฝึกสอนแล้ว

TR คือ บันทึกการฝึกสอน (Training record)

ตัวแปร net ซึ่งเป็นตัวแปรโครงสร้างที่เก็บรายละเอียดของเครือข่ายไว้จะมีพารามิเตอร์ภายในที่สามารถใช้ปรับแต่งการฝึกสอนตามต้องการได้ ตัวอย่างพารามิเตอร์ดังกล่าวเช่น

net.performFcn - ฟังก์ชันประเมินค่า (ค่าปกติคือ 'mse' หรือ mean-squared error)

net.trainFcn - ฟังก์ชันการฝึกสอน (ค่าปกติคือ 'trainlm' หมายถึงการเรียนรู้แบบแพร่กลับ)

net.trainParam - ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ย่อยเช่น

net.trainParam.epochs – จำนวนรอบสูงสุดในการฝึกสอน (ค่าปกติคือ 50)

net.trainparam.goal – ค่าความผิดพลาดเป้าหมาย (ค่าปกติคือ 0)

net.trainParam.min_grad – ค่าเกรเดียนที่น้อยที่สุด (ค่าปกติคือ $1x10^{-15}$)

net.trainParam.time – ระยะเวลาสูงสุดในการฝึก (ค่าปกติคือ inf)

net.trainParam.max_fail – ค่าความล้มเหลวสูงสุด (ค่าปกติคือ 5)

net.trainParam.show – จำนวนรอบที่จะแสดงผลการฝึกสอน (ค่าปกติคือ 25)

เราสามารถปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้ได้ตามต้องการเช่น net.trainParam.epochs = 1000 เพื่อให้การฝึกสอนหยุดลงเมื่อฝึกครบ 1000 รอบ หรือ net.trainparam.goal = 0.000001 เพื่อให้การฝึกสอนมีค่าประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นต้น ในวิทยานิพนธ์นี้ได้มีการออกแบบเครือข่ายประสาทเทียม 3 เครือข่าย เพื่อใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์หลักในระบบของสมาร์ทโหนด คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ RFID และ อุปกรณ์ Zigbee ซึ่งมีการออกแบบดังนี้

4.3.1 เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยชั้นอินพุตจำนวน 1 ชั้น ชั้นซ่อนจำนวน 3 ชั้น และชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 ชั้น

ในชั้นอินพุตจะประกอบไปด้วยอินพุตซึ่งมาจากค่าตัวเลขที่ได้จากการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการทดสอบด้านการคำนวณพื้นฐาน เช่น บวก ลบ คูณ และหาร ซึ่งข้อมูล

ที่ใช้ทดสอบการคำนวนจะมาจากค่าที่อ่านได้จากแท็กส์เฉพาะของระบบตรวจสอบความผิดปกติ ซึ่งมีข้อมูลเป็น “TTTTTTTT“ ในรูปแบบตัวอักษร (Character) เพื่อให้ทราบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีความผิดปกติในการทำงานหรือไม่ ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.1 เป็นค่าตัวอย่างของอินพุตที่ได้ในรูปของตัวอักษรและเอาต์พุตเป้าหมาย

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ตัวอย่างข้อมูลอินพุต	เอาต์พุต
111_168070561	01
222_168070561	01
333_168070561	01
223_168070560	00
333_168060461	00
123_169170662	00
111_169175561	00

จากตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยหมายเลขของสถานีแล้วตามด้วย “_” เช่น 111_ คือสถานีที่ 1 222_ คือสถานีที่ 2 และต่อมาเป็นค่าที่ได้จากการนำข้อมูลที่ได้จากแท็กส์เฉพาะมาบวก ลบ คูณ และหาร ซึ่งข้อมูลในแท็กส์เฉพาะคือ “TTTTTTTT” เมื่อนำมาใช้ทดสอบการคำนวนจะคำนวนดังนี้

ข้อมูลตัวที่ 1 + ข้อมูลตัวที่ 2 = ผลการบวก

ข้อมูลตัวที่ 3 – ข้อมูลตัวที่ 4 = ผลการลบ

ข้อมูลตัวที่ 5 × ข้อมูลตัวที่ 6 = ผลการคูณ

ข้อมูลตัวที่ 7 ÷ ข้อมูลตัวที่ 8 = ผลการหาร

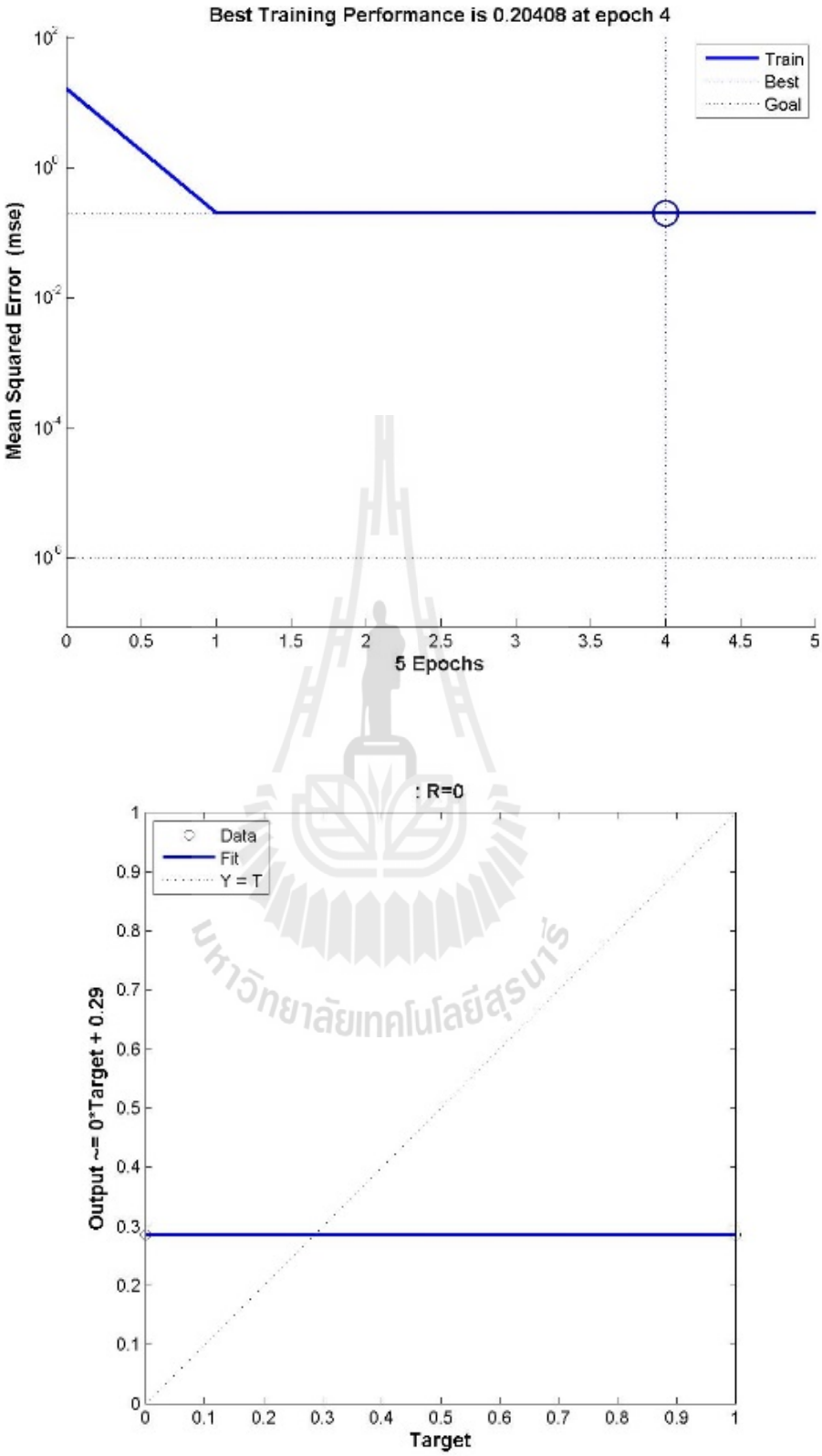
ซึ่งเมื่อนำ “T” มาแปลงให้อยู่ในรูปของเลขฐานสิบ (Decimal) จะได้เป็นเลข 85 และเมื่อนำบวกจะได้เป็น 168 เมื่อนำมาลบจะได้เป็น 0 เมื่อนำมาคูณจะได้เป็น 7056 และเมื่อนำมาหารจะได้เป็น 1 ถ้าหากผลการคำนวณออกมาถูกต้องเอาต์พุตจะเป็น 01 และถ้าหาผิดเอาต์พุตจะเป็น 00

ในชั้นซ่อนของเครือข่ายประสาทเทียมนี้จะมีอยู่ 3 ชั้น โดยกำหนดให้ชั้นซ่อนที่ 1 มีจำนวน 18 นิวรอน ชั้นซ่อนที่ 2 มีจำนวน 12 นิวรอนและชั้นซ่อนที่ 3 มี 6 นิวรอน เพื่อที่จะหาฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงได้ทำการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบ โดยได้ใช้โปรแกรม Matlab มาทดสอบเปลี่ยนฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นซ่อนของเครือข่ายประสาทเทียม ซึ่งฟังก์ชันถ่ายโอนที่นำมาทดลองมีดังนี้ Hardlim Hardlims Purelin Poslin Logsig Tansig และ Radbas ในการทดสอบดังกล่าวได้ทำการฝึกสอนโดยใช้ฟังชั่นในการฝึกสอนเป็น Trainlm มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ประสิทธิภาพเป้าหมาย (Goal) เป็น 0.000001 ซึ่งการทดลองนั้นจะพิจารณาความเหมาะสมจากค่าของประสิทธิภาพ (Performance) และค่าการถดถอย (Regression) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรฝั่งอินพุตและเอาต์พุตให้ได้ตามที่ต้องการเป็นหลัก

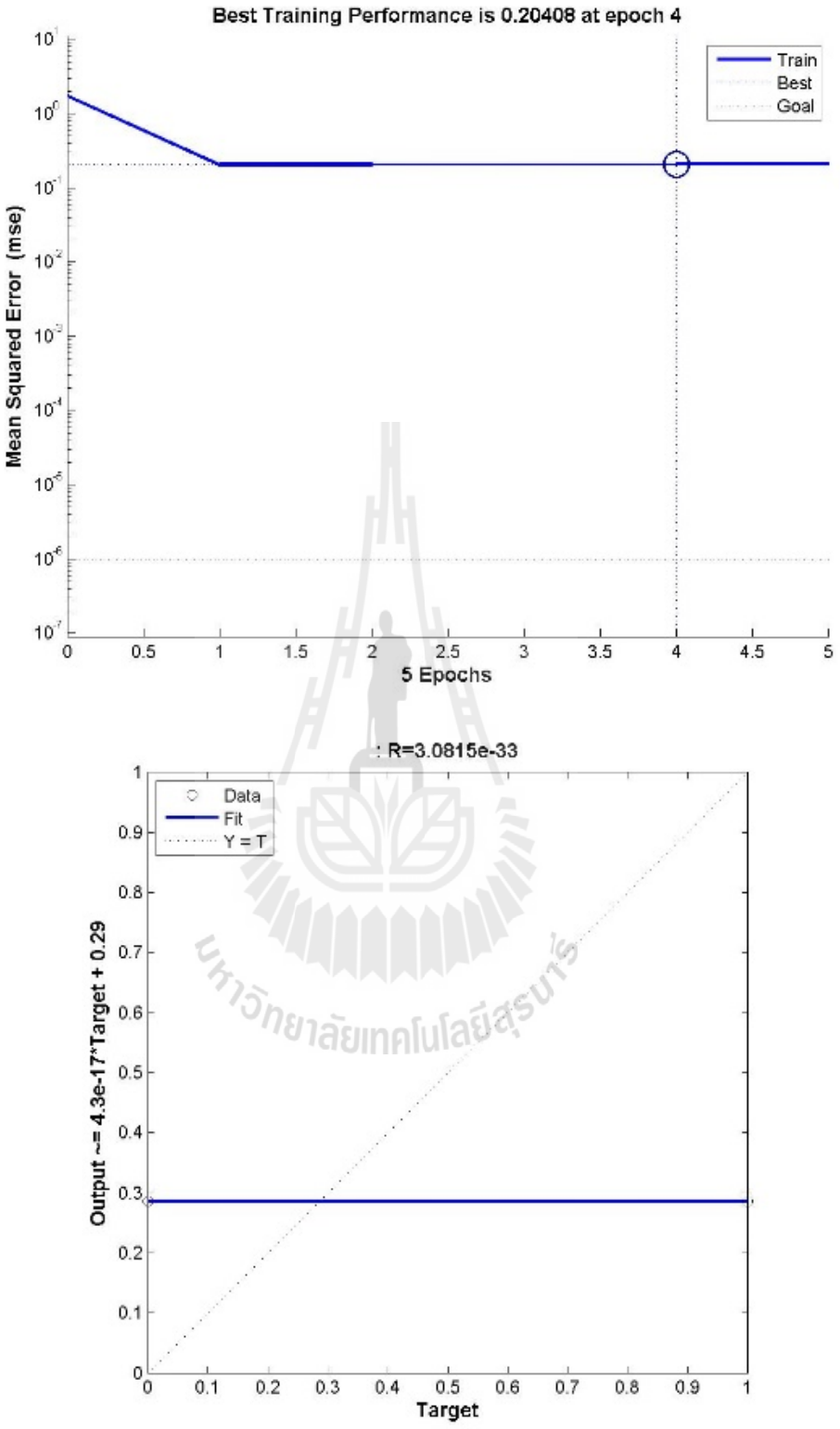
ในการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเพื่อหาฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดนั้นในขั้นตอนแรกจะทำการให้ชั้นซ่อนทั้ง 3 ชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นฟังก์ชั่นเดียวกันดังตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นรูปกราฟของ Performance และกราฟของ Regression ที่ทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

ตารางที่ 4.2 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนแรกของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์

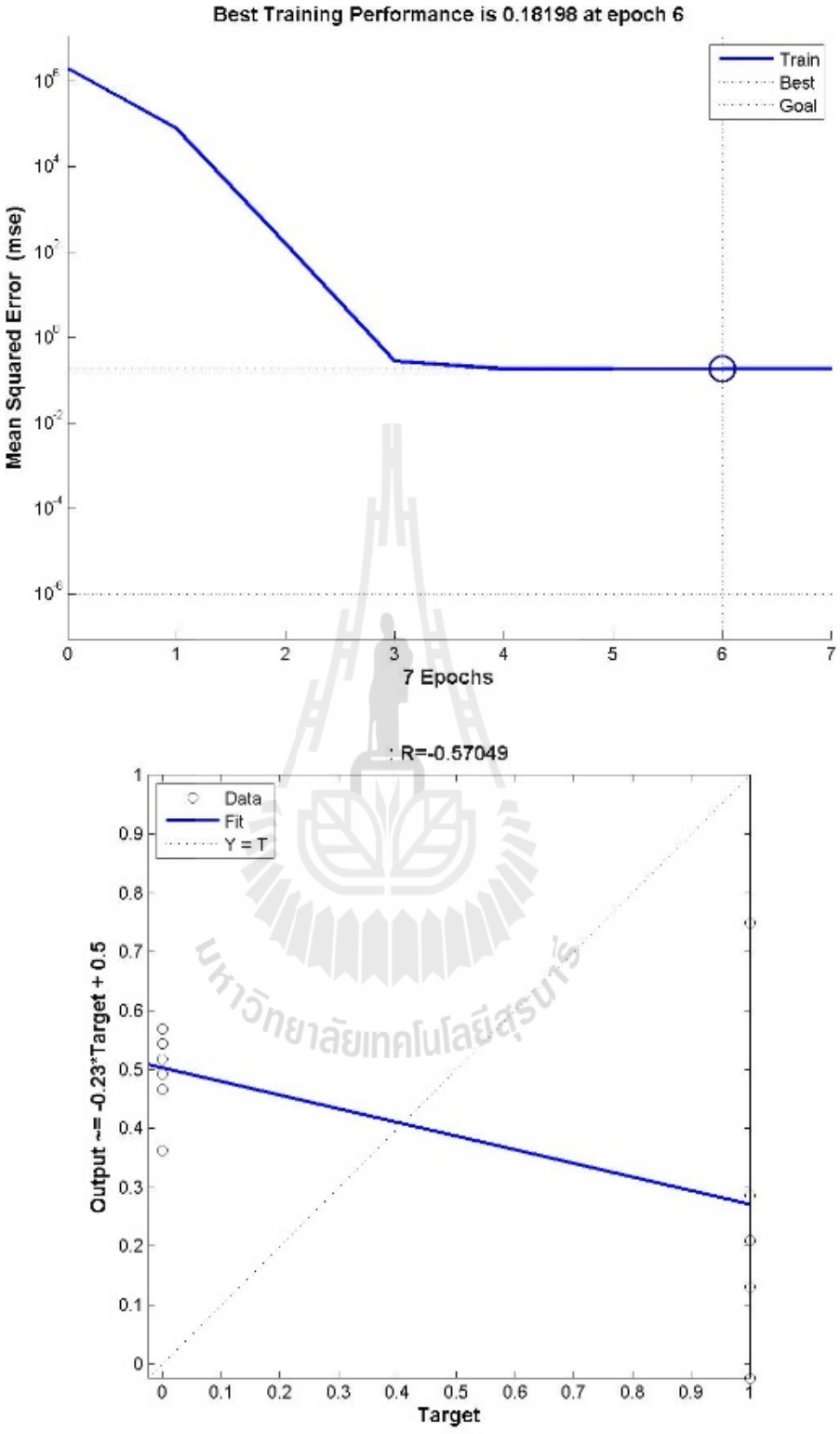
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim
Hardlims	Hardlims	Hardlims
Purelin	Purelin	Purelin
Poslin	Poslin	Poslin
Logsig	Logsig	Logsig
Tansig	Tansig	Tansig
Radbas	Radbas	Radbas



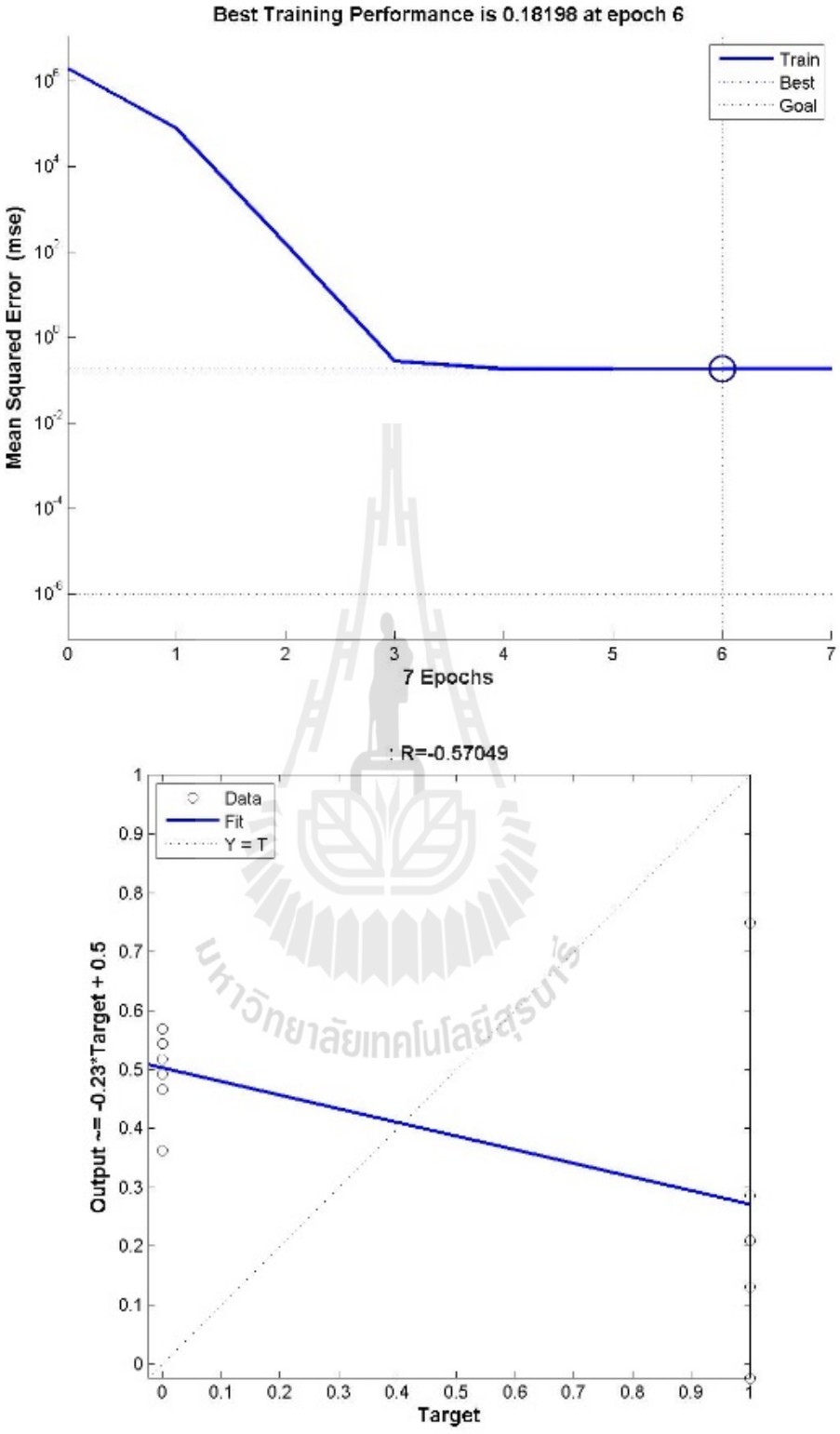
รูปที่ 4.2 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlim



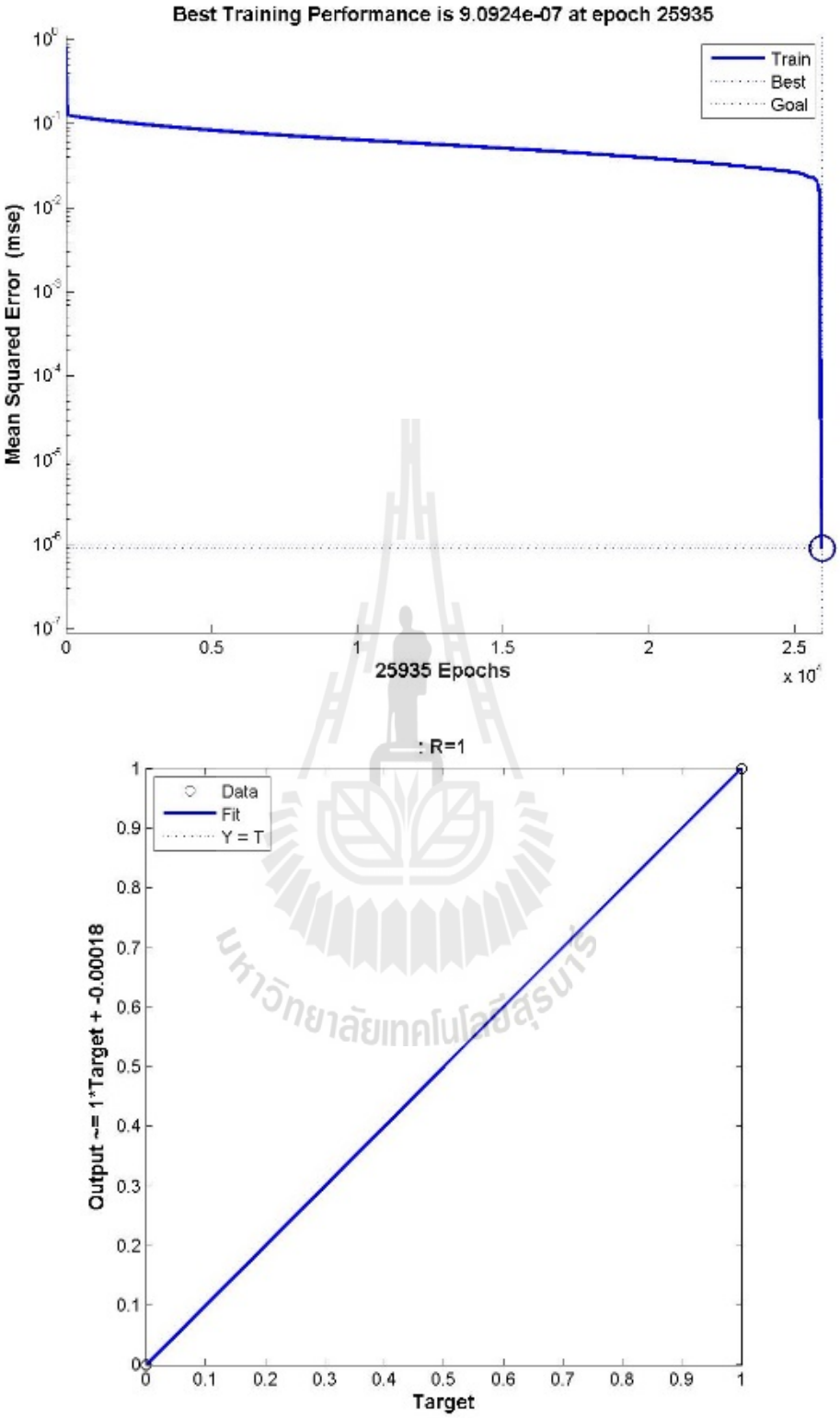
รูปที่ 4.3 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlims



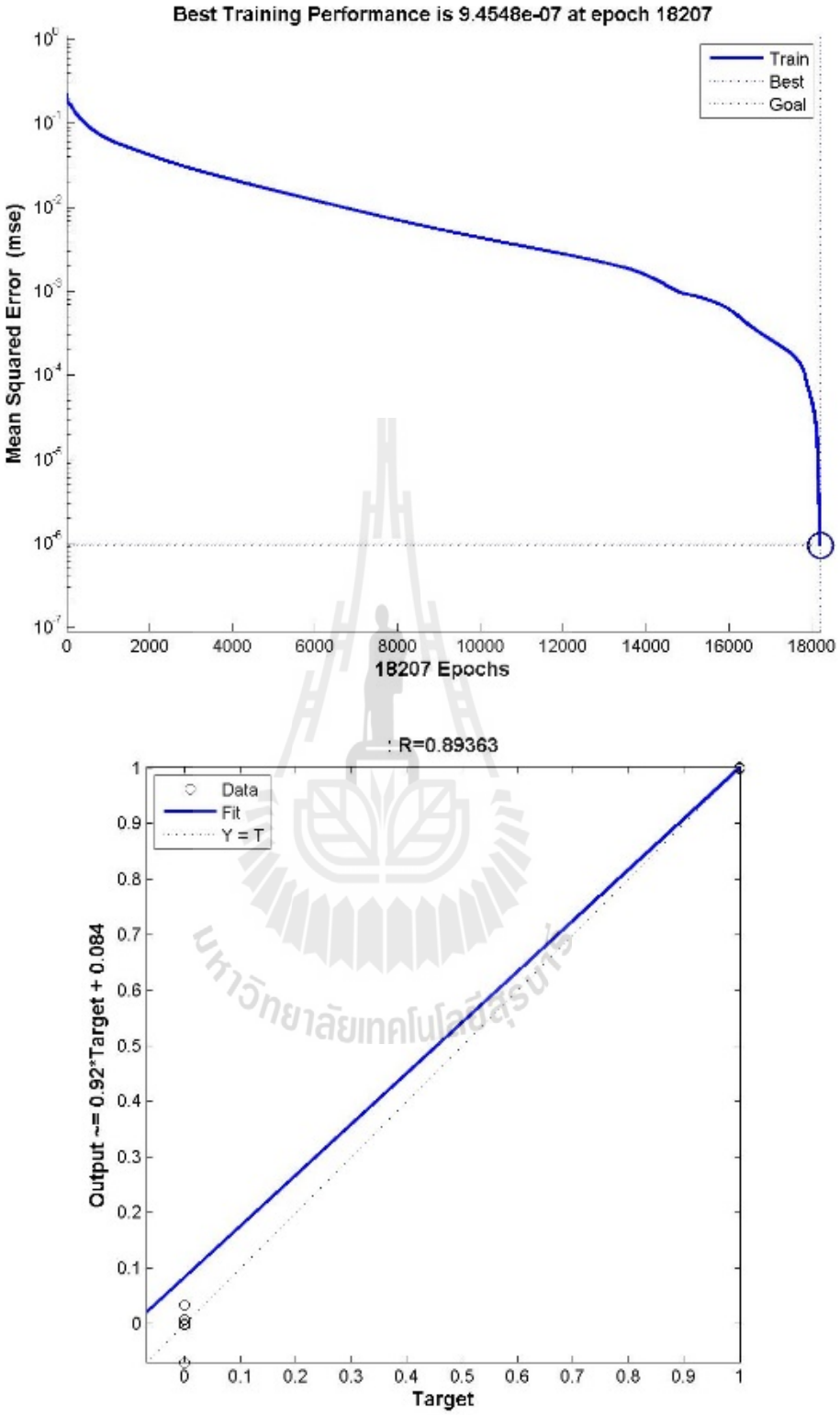
รูปที่ 4.4 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin



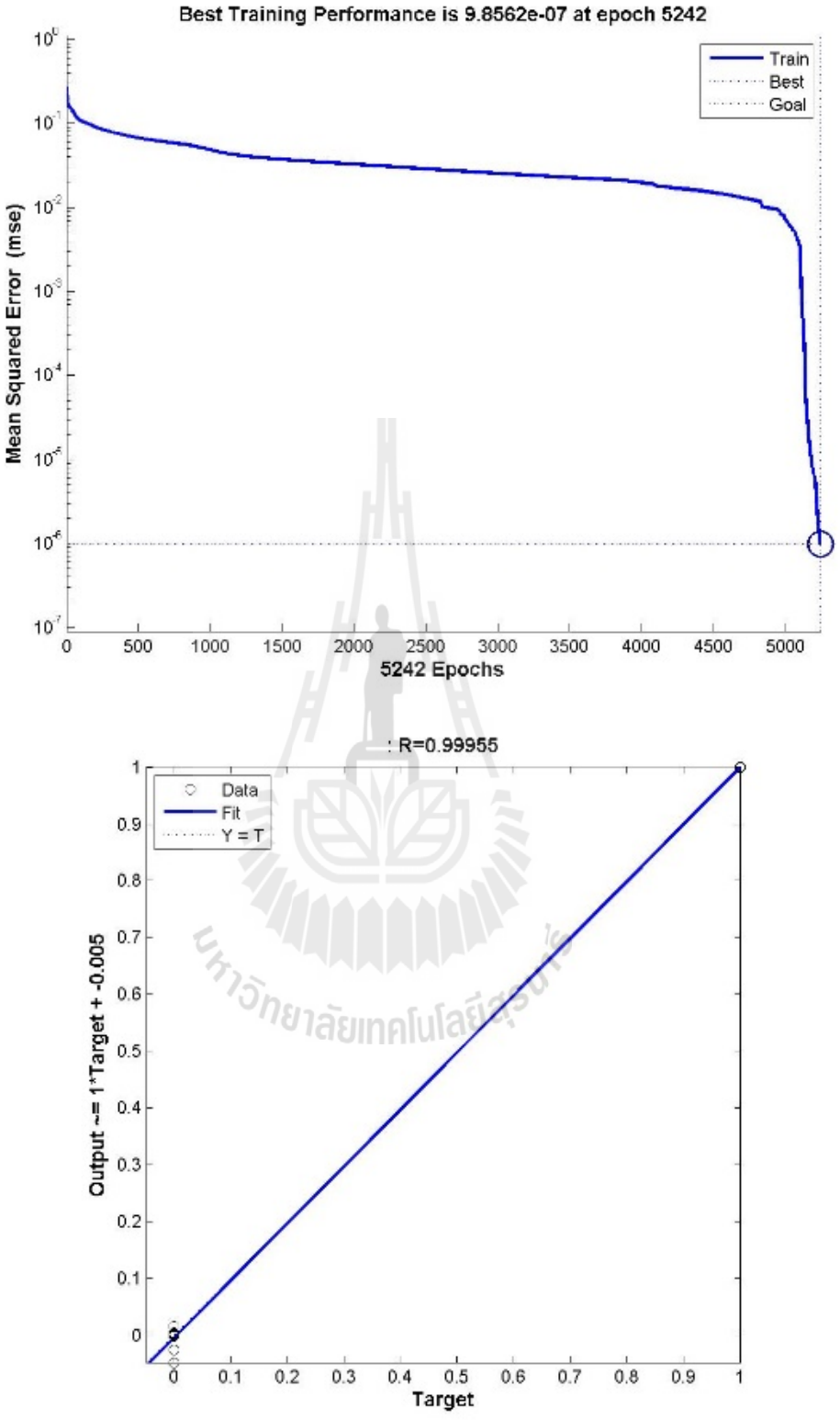
รูปที่ 4.5 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Poslin



รูปที่ 4.6 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Logsig



รูปที่ 4.7 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Tansig



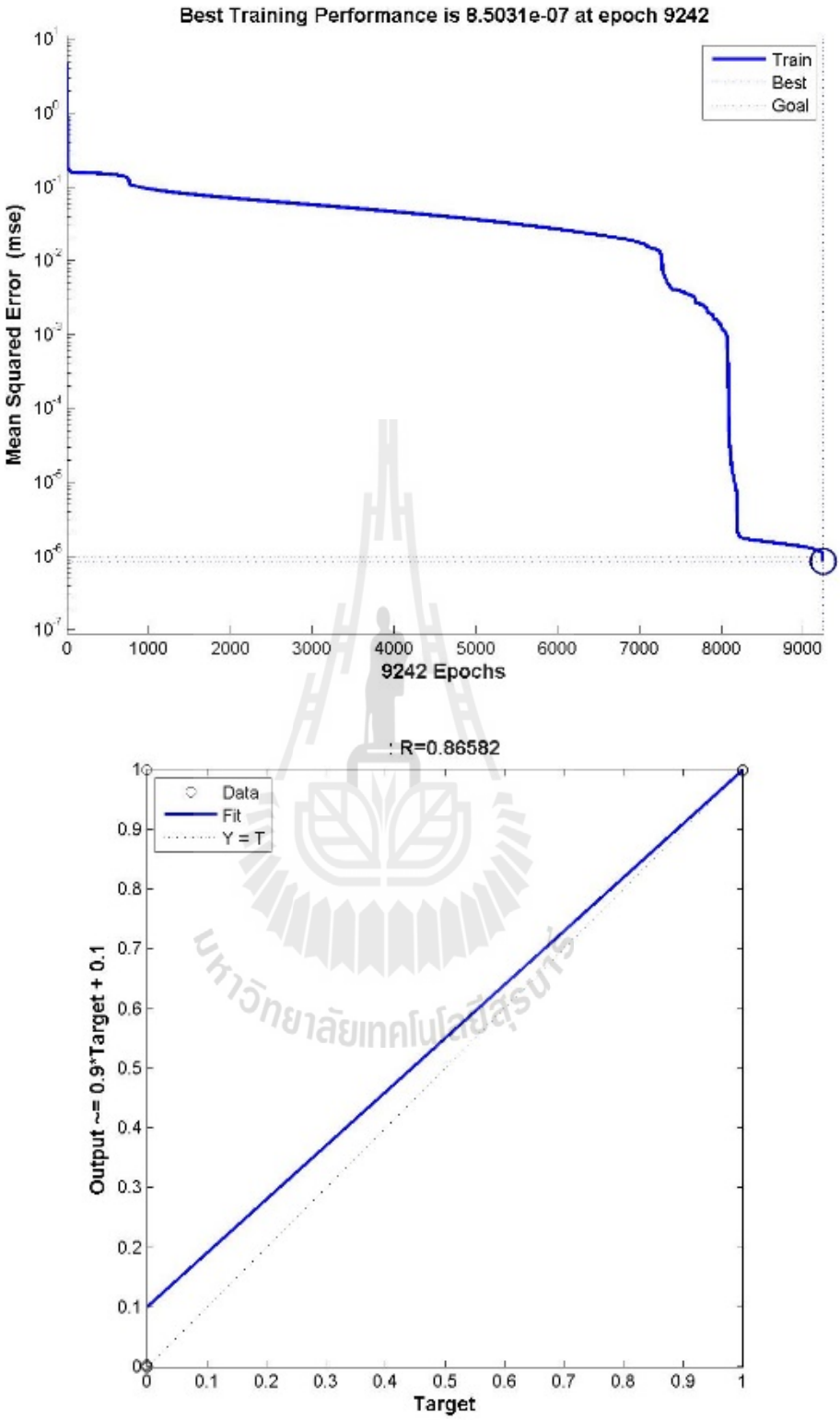
รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Radbas

จากรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.8 เป็นการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเพื่อหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนโดยให้ชั้นซ่อนทั้ง 3 ชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นฟังก์ชั่นเดียวกัน ซึ่งฟังก์ชั้นถ่ายโอนที่ใช้คือ Hardlim Hardlims Purelin Poslin Logsig Tansig และ Radbas ตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชั่น Hardlim Hardlims Purelin และ Poslin เมื่อนำไปฝึกสอนแล้วค่าของ Performance ไม่สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ และเมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนทำให้ได้กราฟของ Regression ที่ไม่ตรงกับเป้าหมาย ส่วนผลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas เมื่อนำไปฝึกสอนแล้วค่าของ Performance สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ และเมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนเพื่อดูกราฟของ Regression ผลเป็นดังนี้ เครือข่ายที่ฝึกสอนจากการใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Logsig มีกราฟของ Regression ที่ออกมาตรงกับเป้าหมายคือ R= 1 และเครือข่ายที่ฝึกสอนจากการใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Radbas มีกราฟของ Regression ที่ออกมาใกล้เคียงกับเป้าหมายคือ R= 0.99955 แต่เครือข่ายที่ฝึกสอนจากการใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Tansig มีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายคือ R= 0.89363

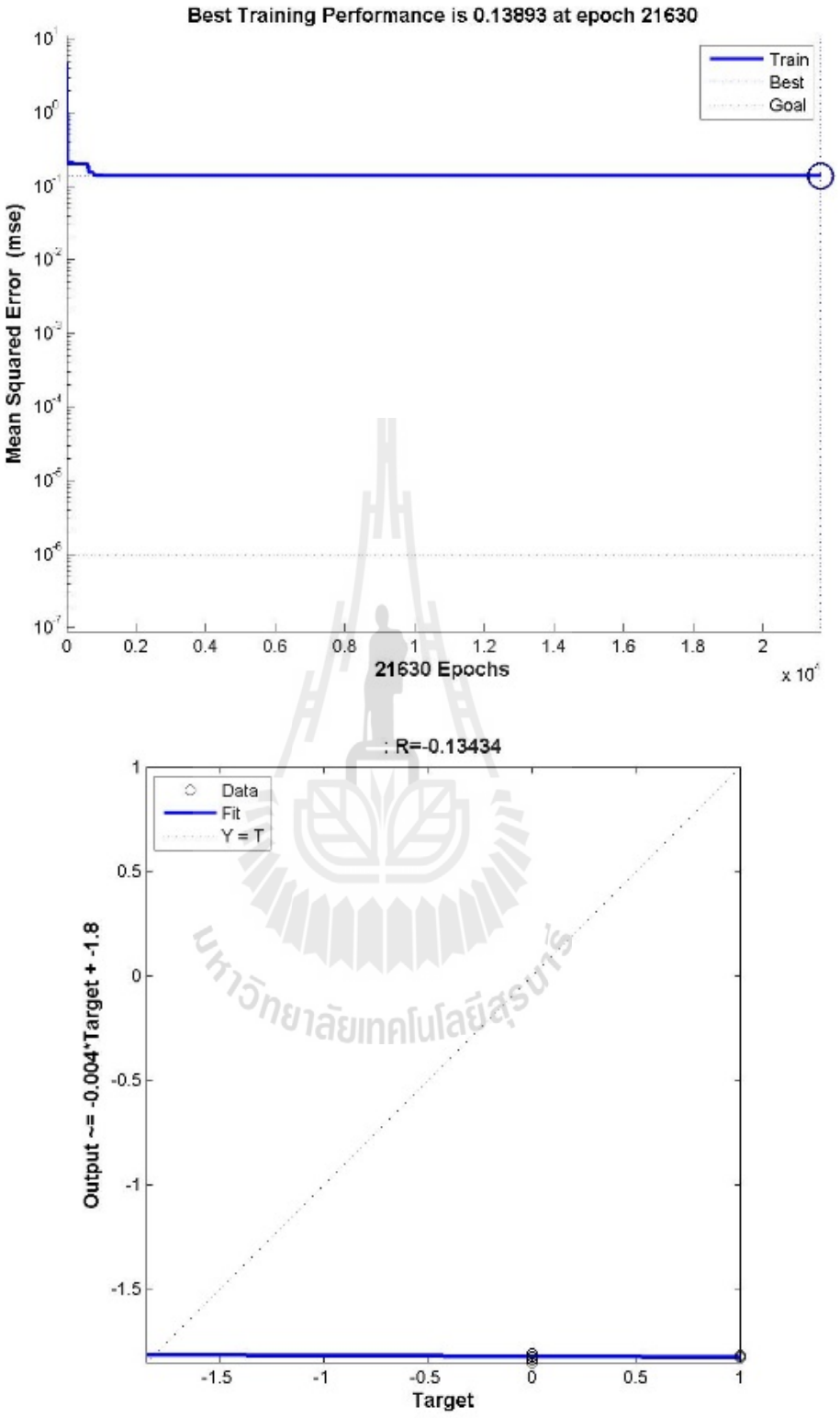
จากการทดสอบในขั้นตอนแรกพบว่าเมื่อนำเครือข่ายมาฝึกสอนโดยใช้ฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas แล้วค่าของ Performance สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ จึงได้ทำการทดสอบในขั้นต่อไปโดยทำการสุ่มสลับฟังก์ชันถ่ายโอนของแต่ละชั้นซ่อนดังในตารางที่ 4.3 เป็นรูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบ และในรูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.16 เป็นตัวอย่างรูปกราฟของ Performance และกราฟของ Regression ที่ทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

ตารางที่ 4.3 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สองของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์

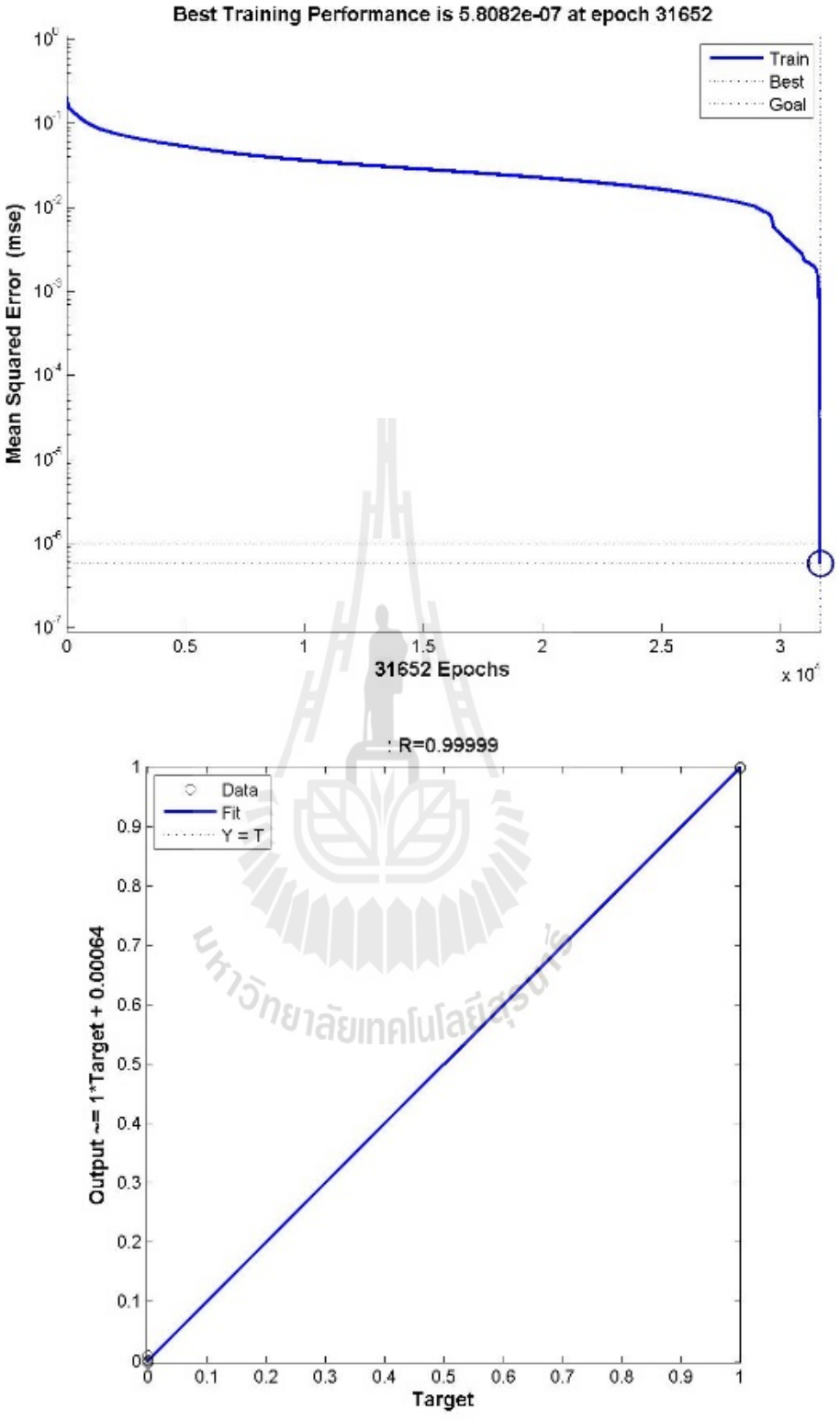
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Logsig	Logsig	Tansig
Logsig	Tansig	Tansig
Radbas	Logsig	Logsig
Radbas	Radbas	Logsig
Radbas	Radbas	Tansig
Radbas	Tansig	Tansig
Tansig	Logsig	Tansig
Tansig	Tansig	Logsig



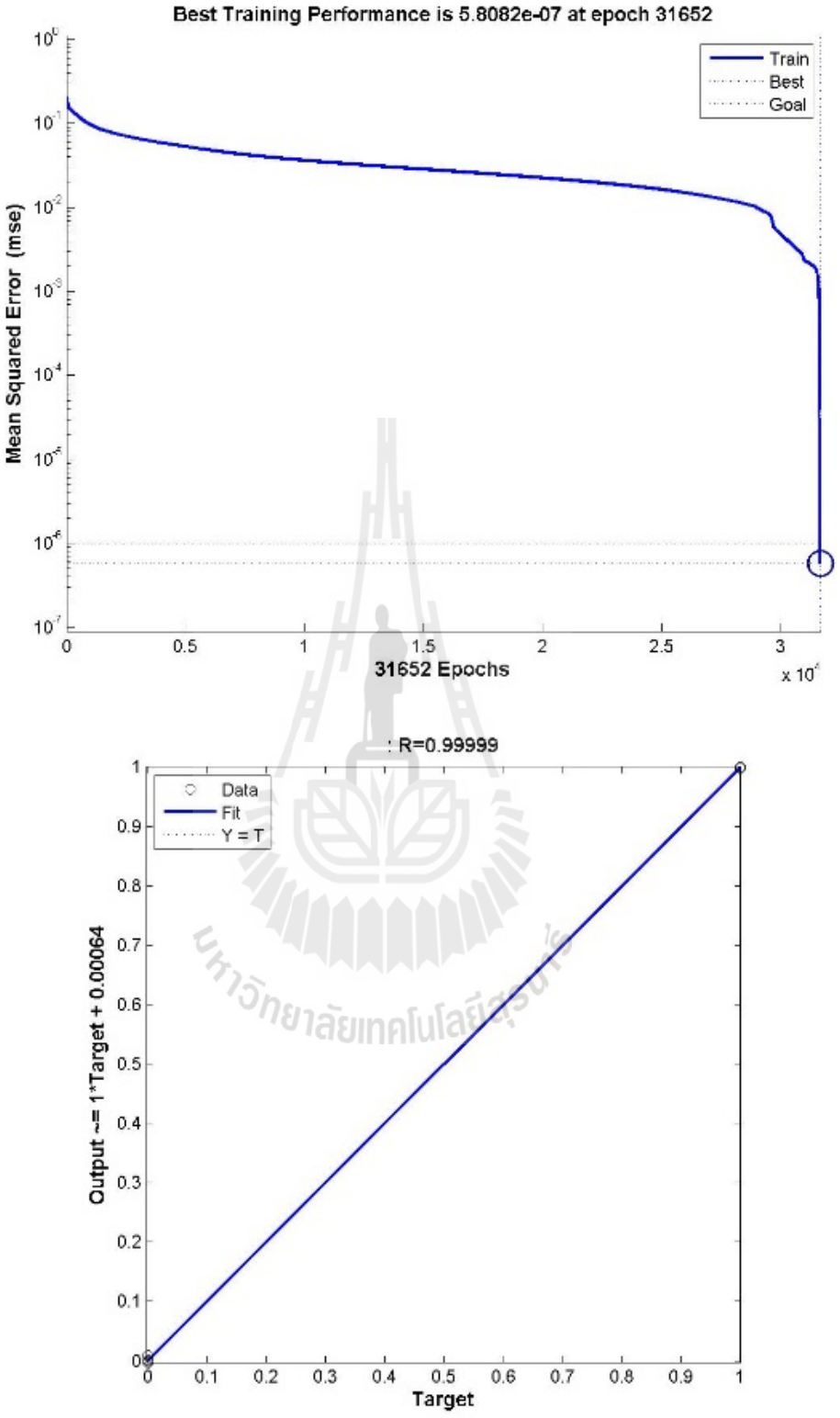
รูปที่ 4.9 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig



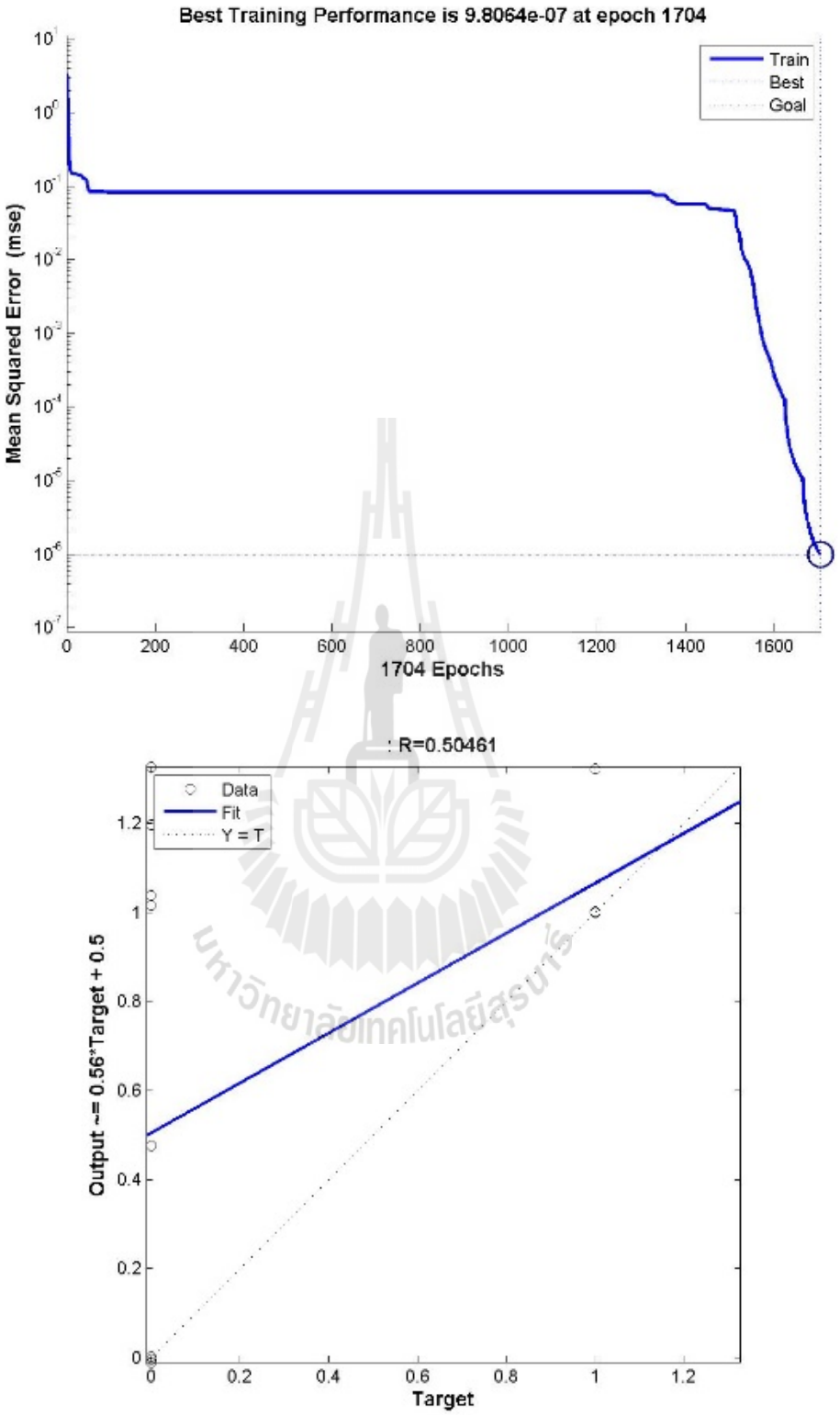
รูปที่ 4.10 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig



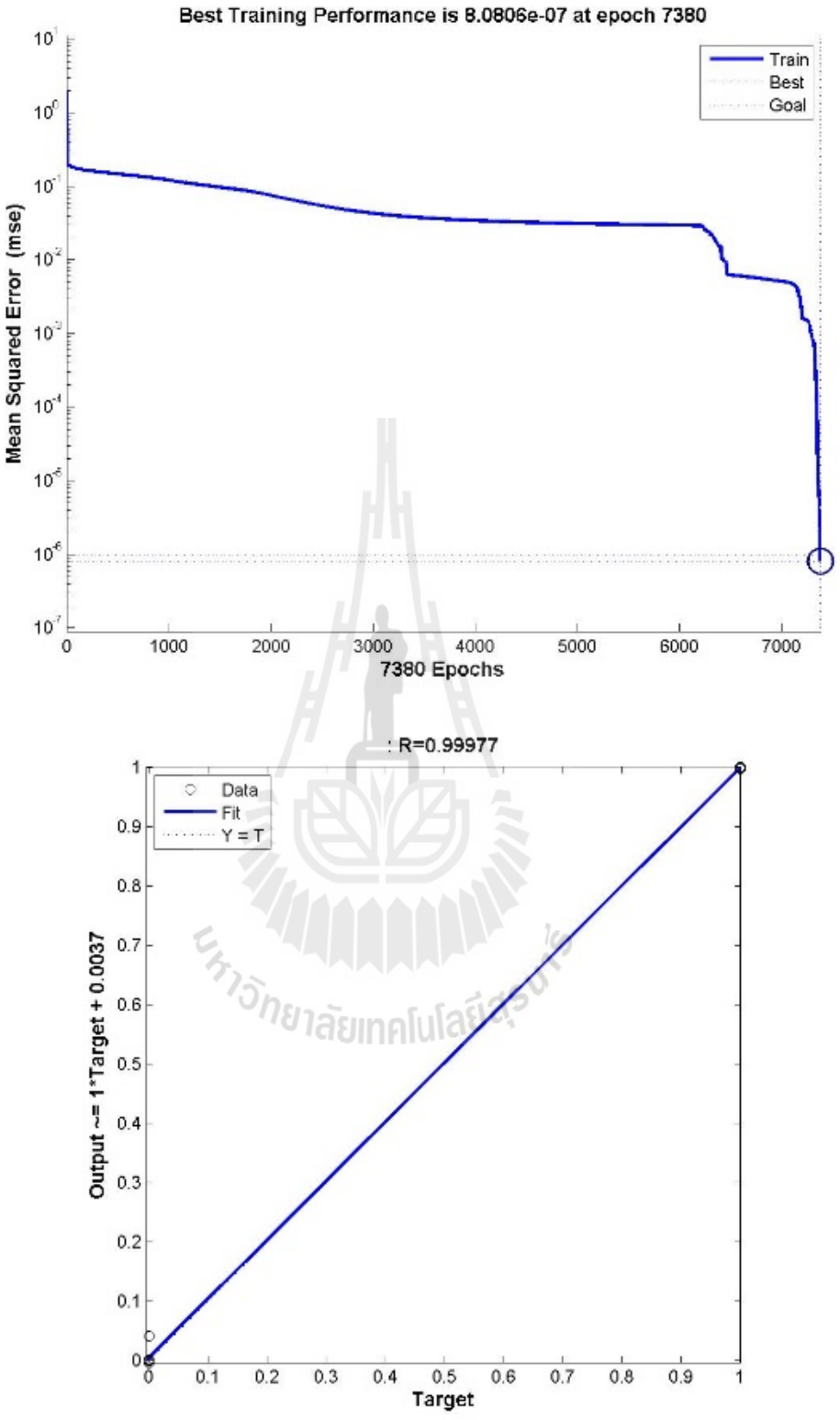
รูปที่ 4.11 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig



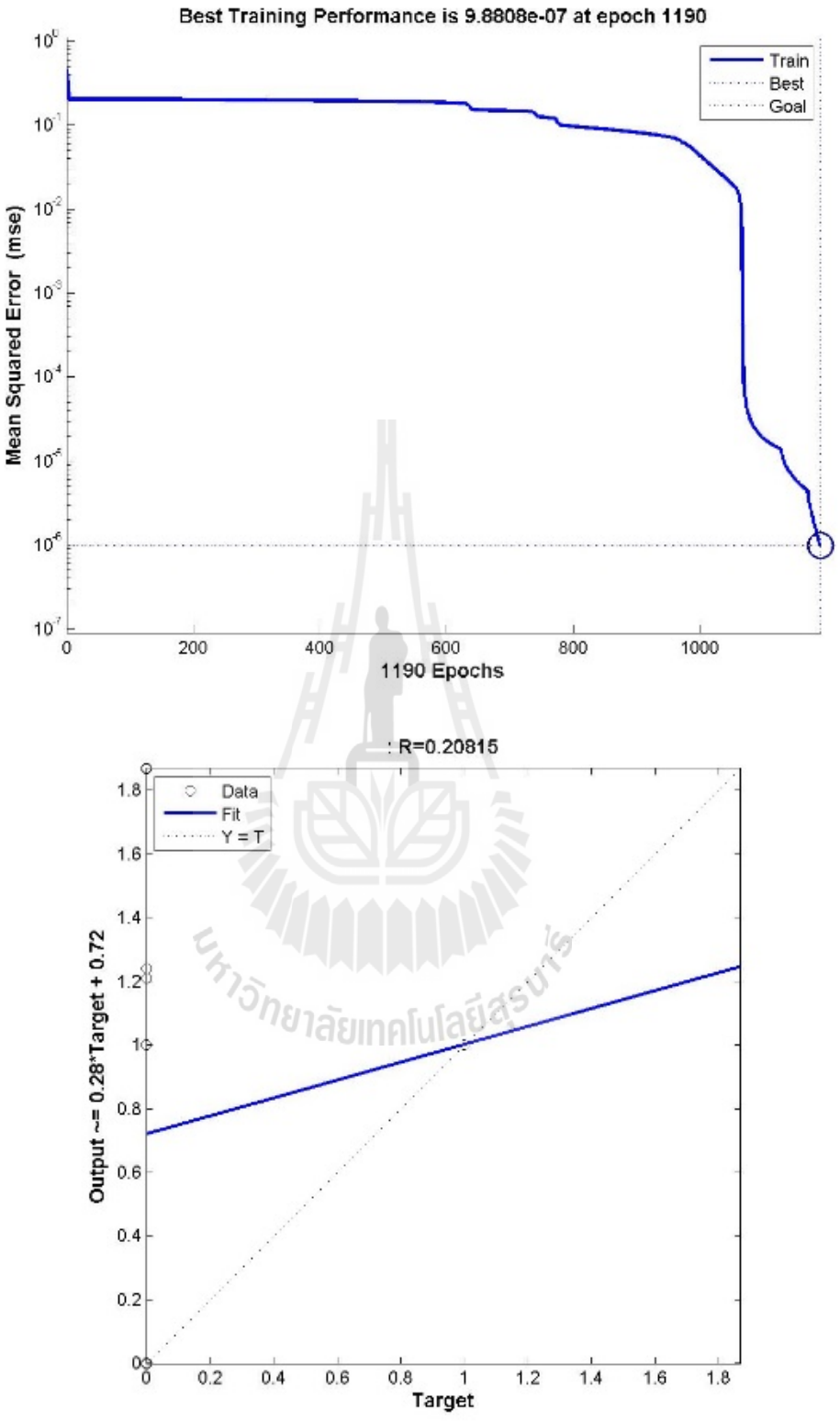
รูปที่ 4.12 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Logsig



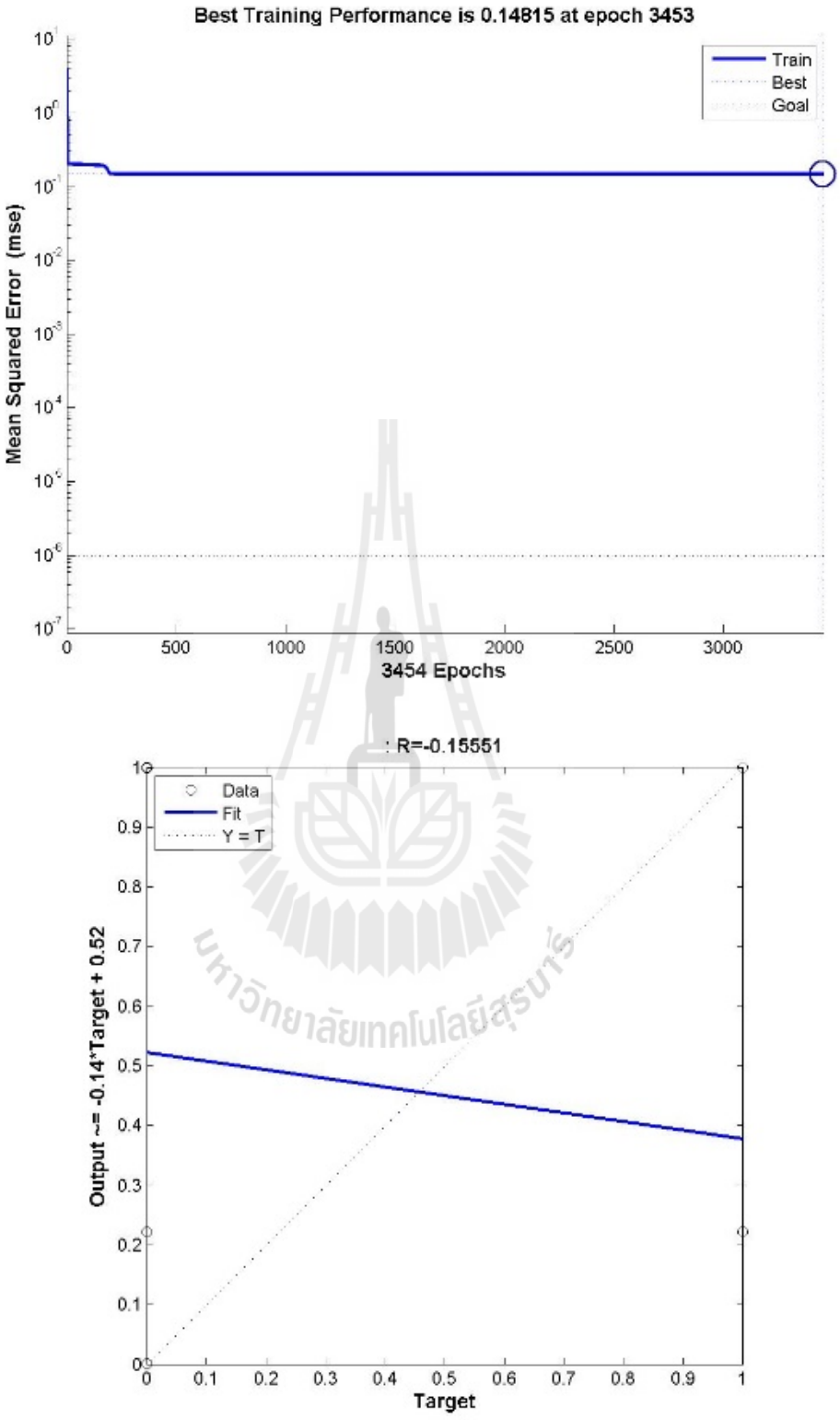
รูปที่ 4.13 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Tansig



รูปที่ 4.14 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig



รูปที่ 4.15 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig



รูปที่ 4.16 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig

รูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.16 เป็นการทดสอบโดยการสุ่มฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas มาใช้ในการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอน ผลที่ได้คือมีฟังก์ชันถ่ายโอนหลายรูปแบบที่สามารถทำให้เครือข่ายประสาทเทียมมีค่า Performance ถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ แต่พบว่ามีรูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนบางรูปแบบแม้ว่าจะสามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้แต่เมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในฝึกสอนผลปรากฏว่ามีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายทำให้เอาต์พุตที่ได้นั้นไม่ถูกต้อง

การทดสอบขั้นที่สามจึงได้ทำการสลับฟังก์ชั่นถ่ายโอนให้มากขึ้นดังในตารางที่ 4.4 และทำการทดสอบในแต่ละรูปแบบจำนวน 3 ครั้งเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง และในตารางที่ 4.5 เป็นตารางผลการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบ ซึ่งมีการแสดงค่าของ Performance และ Regression จากการทดสอบแต่ละรูปแบบจำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.4 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์

ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim
Hardlims	Hardlims	Hardlims
Purelin	Purelin	Purelin
Poslin	Poslin	Poslin
Tansig	Tansig	Tansig
Radbas	Radbas	Radbas
Logsig	Logsig	Logsig
Logsig	Logsig	Tansig
Logsig	Logsig	Radbas
Logsig	Tansig	Logsig
Tansig	Logsig	Logsig
Radbas	Logsig	Logsig
Logsig	Tansig	Tansig

ตารางที่ 4.4 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ (ต่อ)

ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Logsig	Radbas	Radbas
Tansig	Logsig	Tansig
Radbas	Logsig	Radbas
Tansig	Tansig	Logsig
Radbas	Radbas	Logsig
Tansig	Tansig	Radbas
Tansig	Radbas	Tansig
Radbas	Tansig	Tansig
Tansig	Radbas	Radbas
Radbas	Tansig	Radbas
Radbas	Radbas	Tansig

ตารางที่ 4.5 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim	Performance	0.20408	0.20408	0.20408
			Regression	0	6.1630e-33	0
Hardlims	Hardlims	Hardlims	Performance	0.20408	0.20408	0.20408
			Regression	3.0815e-33	3.0815e-33	3.0815e-33
Purelin	Purelin	Purelin	Performance	0.18198	0.18198	0.18198
			Regression	-0.57049	-0.57049	-0.57049

ตารางที่ 4.5 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ (ต่อ)

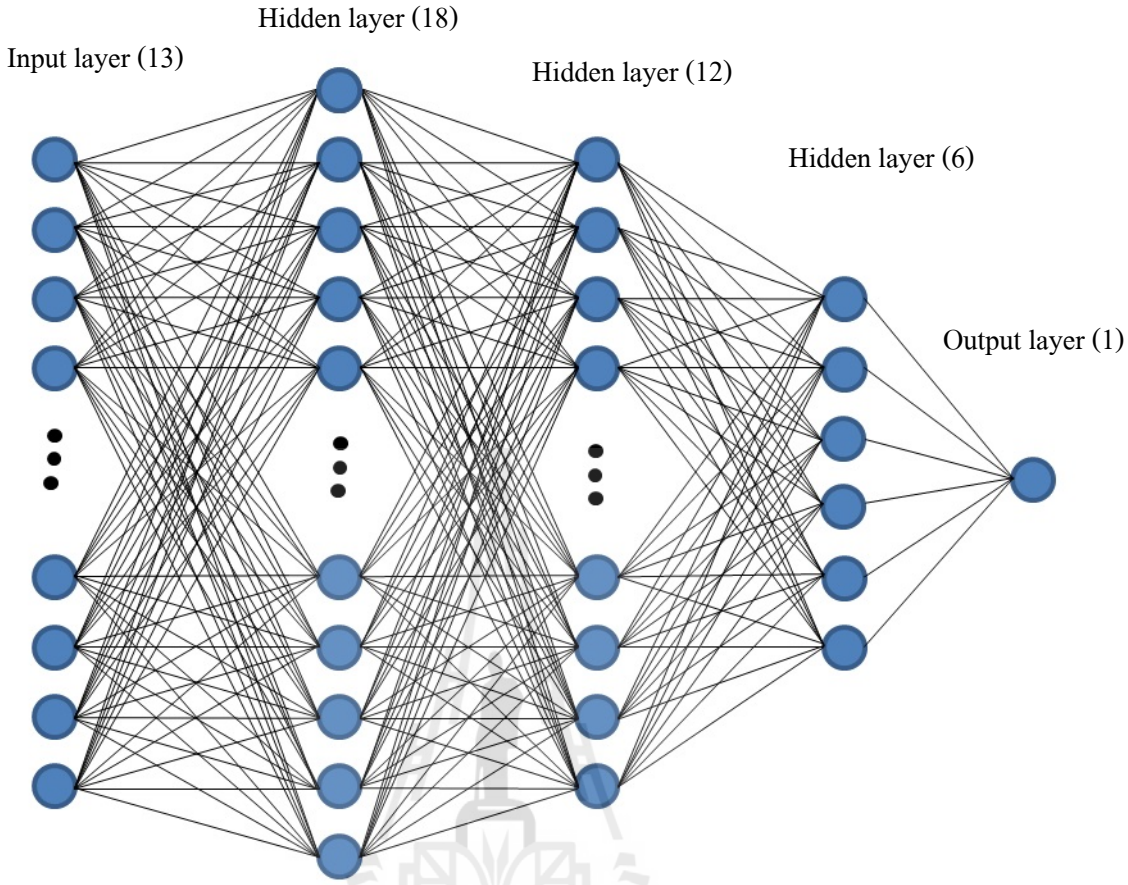
รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Poslin	Poslin	Poslin	Performance	0.18198	0.18198	0.18198
			Regression	-0.57049	-0.57049	-0.57049
Tansig	Tansig	Tansig	Performance	0.14815	9.8875e-7	9.4548e-7
			Regression	-0.15551	-0.21795	0.89363
Radbas	Radbas	Radbas	Performance	9.8562e-7	9.9307e-7	9.8510e-7
			Regression	0.99955	0.59626	0.44417
Logsig	Logsig	Logsig	Performance	9.9153e-7	9.0924e-7	9.8831e-7
			Regression	0.99962	1	0.82194
Logsig	Logsig	Tansig	Performance	8.9381e-7	9.7608e-7	8.5031e-7
			Regression	0.86601	0.72638	0.86582
Logsig	Logsig	Radbas	Performance	0.12015	9.8810e-7	9.3273e-7
			Regression	-0.26960	0.86525	0.99996
Logsig	Tansig	Logsig	Performance	9.6550e-7	9.9644e-7	0.11964
			Regression	1	-0.11483	0.37269
Logsig	Radbas	Logsig	Performance	0.081842	9.8221e-7	8.6073e-7
			Regression	0.28808	0.99999	0.46899
Tansig	Logsig	Logsig	Performance	5.3408e-7	9.4834e-7	9.6516e-7
			Regression	0.98298	0.86576	1
Radbas	Logsig	Logsig	Performance	5.8082e-7	5.650e-7	9.9988e-7
			Regression	0.99999	0.99574	1
Logsig	Tansig	Tansig	Performance	9.9855e-7	0.20408	0.13893
			Regression	0.50098	-0.18802	-0.13434

ตารางที่ 4.5 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ (ต่อ)

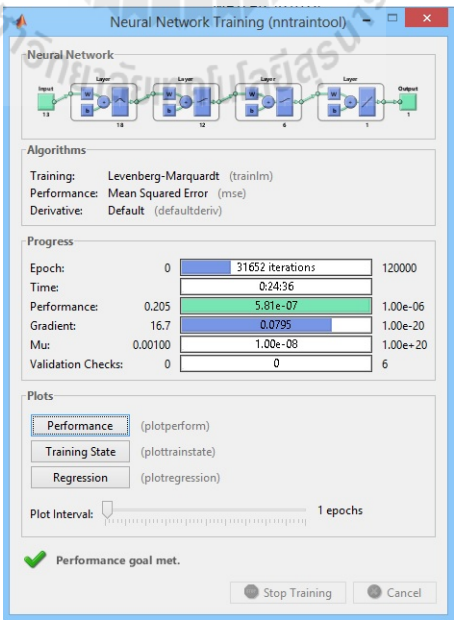
รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Logsig	Radbas	Radbas	Performance	8.5791e-7	7.4770e-7	9.9998e-7
			Regression	0.86601	1	0.56897
Tansig	Logsig	Tansig	Performance	0.20408	9.8808e-7	0.20408
			Regression	0	0.20815	-3.0815e-33
Radbas	Logsig	Radbas	Performance	0.18367	8.8190e-7	6.0021e-7
			Regression	-0.54856	0.86511	0.96452
Tansig	Tansig	Logsig	Performance	1.5678e-7	0.14815	9.7028e-7
			Regression	0.97505	-0.15551	0.89666
Radbas	Radbas	Logsig	Performance	0.00539	0.08184	5.8082e-7
			Regression	0.99231	0.13304	0.99999
Tansig	Tansig	Radbas	Performance	0.20408	0.20408	0.20408
			Regression	0.37779	-6.1630e-33	0.24129
Tansig	Radbas	Tansig	Performance	9.8071e-7	0.20408	9.8524e-7
			Regression	0.69487	3.0815e-33	0.99999
Radbas	Tansig	Tansig	Performance	8.0806e-7	0.081842	9.5698e-7
			Regression	0.99977	0.10622	0.98281
Tansig	Radbas	Radbas	Performance	9.9803e-7	9.9216e-7	9.9803e-7
			Regression	0.92988	0.98526	0.92988
Radbas	Tansig	Radbas	Performance	0.20141	0.18205	6.6069e-7
			Regression	0.18898	-0.13638	0.92592
Radbas	Radbas	Tansig	Performance	9.8064e-7	6.9839e-7	9.9988e-7
			Regression	0.50461	0.86589	0.99926

จากตารางผลการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป้าหมายของการทดสอบคือการหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถให้เอาต์พุตที่ถูกต้องเมื่อใช้งานกับทั้งข้อมูลที่ได้รับการฝึกสอนและข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน สำหรับผลที่ออกมามีทั้งรูปแบบที่สามารถฝึกสอนจนได้ Performance ตามที่ต้องการ และรูปแบบที่ไม่สามารถฝึกสอนให้ได้ Performance ที่ตั้งไว้ หรือเป็นรูปแบบที่ฝึกสอนได้ถึง Performance ที่ตั้งไว้แต่มีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายทำให้เอาต์พุตที่ได้นั้นไม่ถูกต้องเมื่อนำไปทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน จากผลการทดสอบที่แสดงในตารางที่ 4.5 จึงทำการเลือกฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากว่าในการฝึกสอน 3 ครั้งสามารถฝึกสอนจนได้ Performance ตามที่ต้องการได้ทั้ง 3 ครั้ง และมีกราฟของ Regression ที่ออกมาเข้าใกล้ 1 ทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งฟังก์ชันถ่ายโอนที่เลือกมีรายละเอียดดังนี้ ที่ชั้นแรกมีฟังก์ชันถ่ายโอนคือ Radbas และชั้นที่ 2 มีฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ใช้คือ Logsig และชั้นที่ 3 มีฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ใช้คือ Logsig

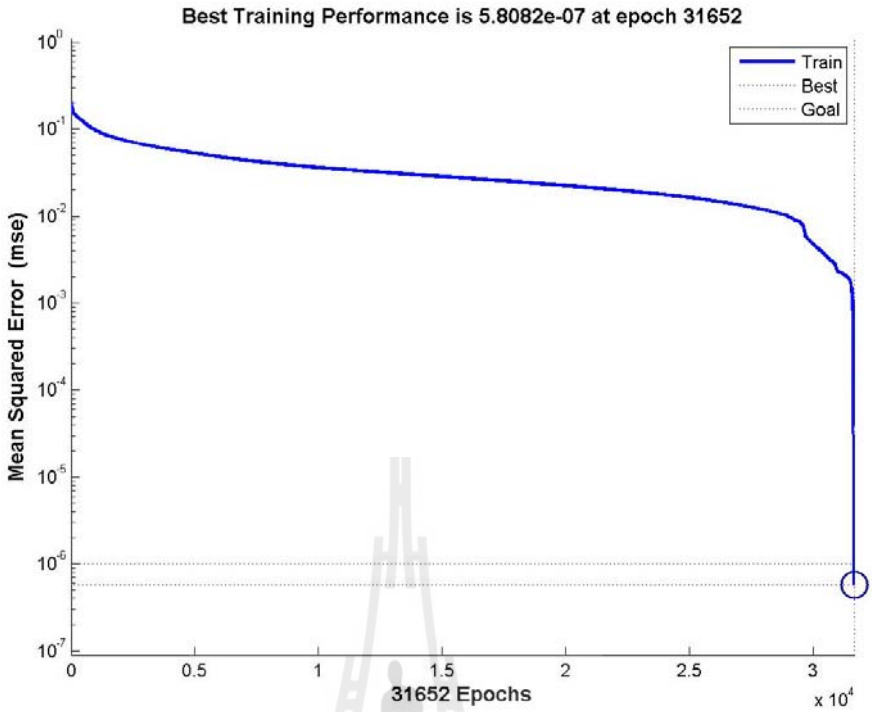
ส่วนของชั้นเอาต์พุตมี 1 เอาต์พุต ฟังก์ชันถ่ายโอนคือ Purelin เอาต์พุตที่ได้คือค่าที่เครือข่ายประสาทเทียมแสดงว่าชุดข้อมูลอินพุตที่เข้ามามีความผิดปกติหรือไม่ โดยใช้ค่า 01 แทนชุดข้อมูลปกติ และค่า 00 แทนชุดข้อมูลผิดปกติ รูปที่ 4.17 แสดงแผนภาพของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งหลังจากการออกแบบและฝึกสอนโดยใช้คำสั่ง train ของโปรแกรม Matlab แล้วได้ผลการฝึกสอนดังรูปที่ 4.18 และมีกราฟของ Performance กราฟของ Gradient Mu และ Validation Checks กราฟของ Regression จากการฝึกสอน และกราฟของ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน ในรูปที่ 4.19 ถึงรูปที่ 4.22 ตามลำดับ



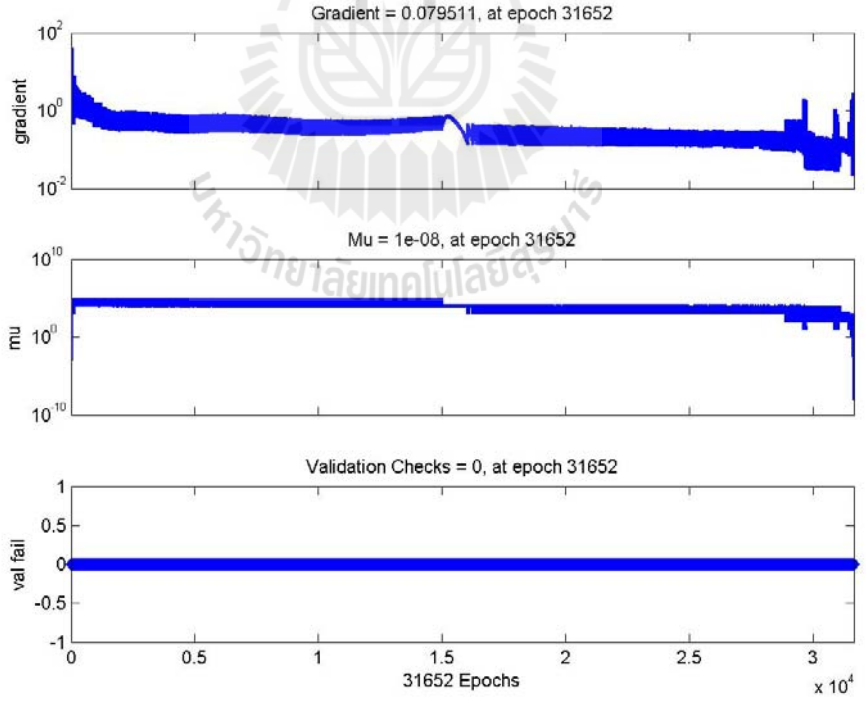
รูปที่ 4.17 แผนภาพเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



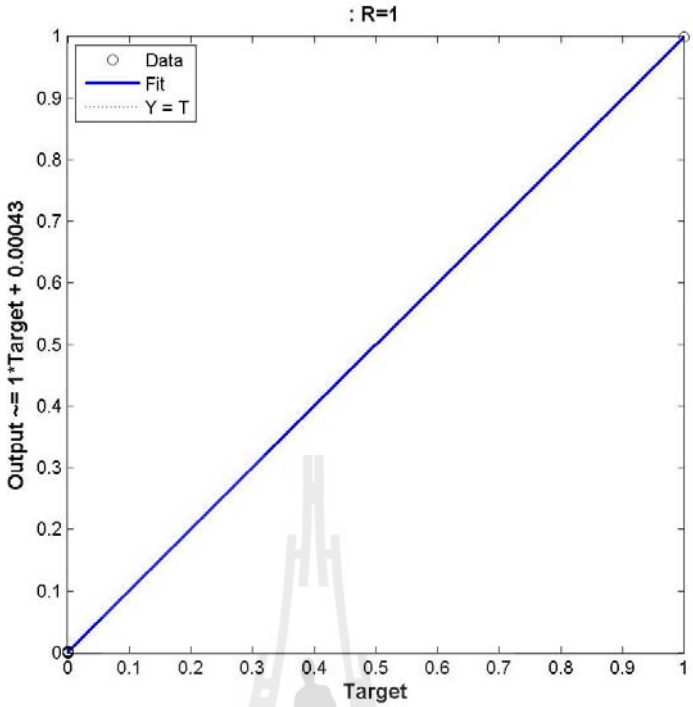
รูปที่ 4.18 ผลจากการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม



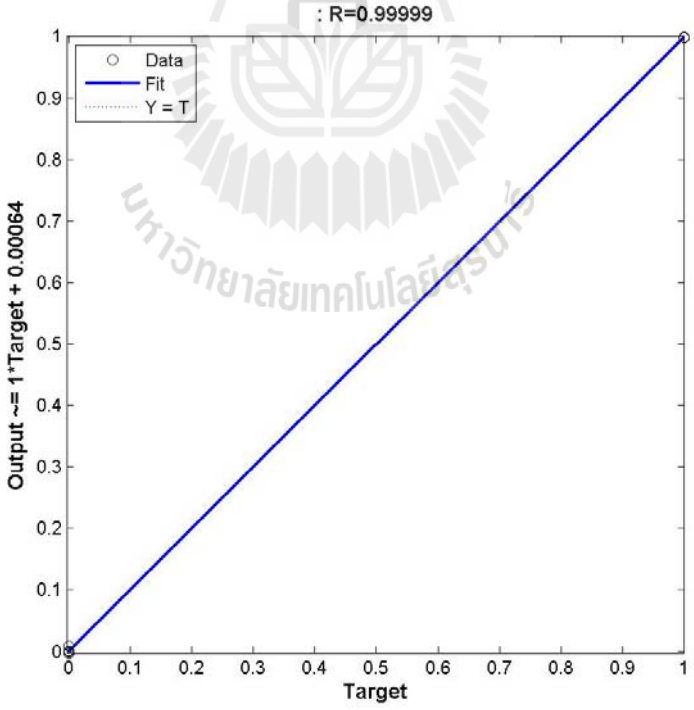
รูปที่ 4.19 กราฟ Performance ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.20 กราฟ Gradient Mu และ Validation Checks ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.21 กราฟ Regression ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.22 กราฟ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

4.3.2 เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของ RFID

การออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID ประกอบด้วยชั้นอินพุตจำนวน 1 ชั้น ชั้นซ่อนจำนวน 3 ชั้น และ ชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 ชั้น

ในชั้นอินพุตประกอบไปด้วยค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ RFID เช่น เวอร์ชันของเฟิร์มแวร์ และอัตราบอด ตารางที่ 4.6 เป็นตัวอย่างชุดข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID

ตัวอย่างข้อมูลอินพุต	เอาต์พุต
112414037246	01
11-154037-10	01
112414037240	00
112404037241	00
122504140246	00
11-1040372-11	00

จากตารางที่ 4.6 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติ RFID ซึ่งเป็นเวอร์ชันของเฟิร์มแวร์ของ RFID ซึ่งมีข้อมูล 5 ค่าคือ 0B F1 28 25 F6 ซึ่งเป็นข้อมูลเลขฐานสิบหก เมื่อแปลงให้อยู่ในรูปเลขฐานสิบจะได้เป็น 11 241 40 37 246 หรือ 11 -15 40 37 -10 ถ้าหากเวอร์ชันของเฟิร์มแวร์ถูกต้องเอาต์พุตจะเป็น 01 และถ้าหากผิดเอาต์พุตจะเป็น 00

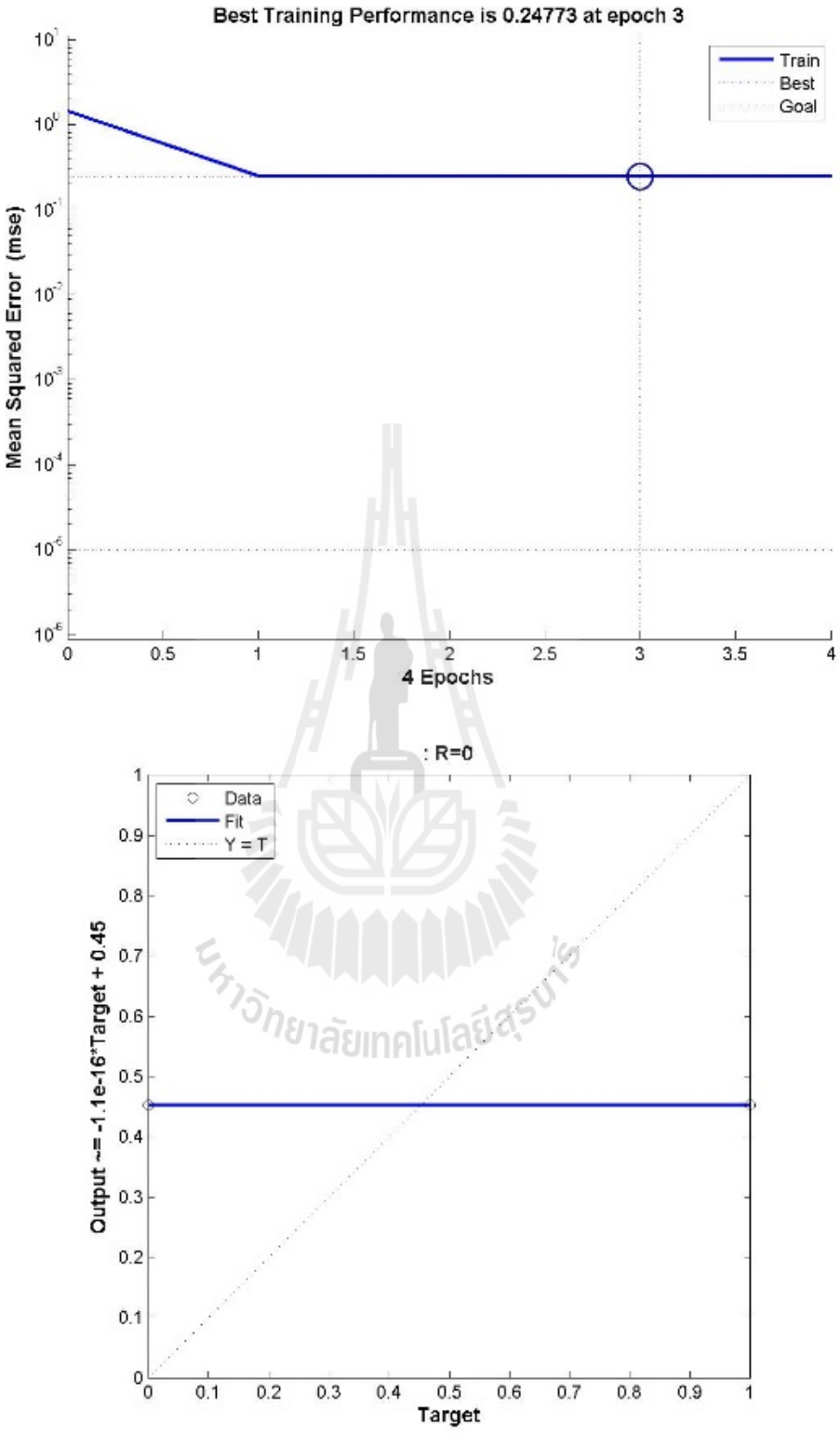
ในชั้นซ่อนของเครือข่ายประสาทเทียมทั้ง 3 ชั้นโดยกำหนดให้ชั้นซ่อนที่ 1 มีจำนวน 18 นิวรอน ชั้นซ่อนที่ 2 มีจำนวน 12 นิวรอนและชั้นซ่อนที่ 3 มี 6 นิวรอน เพื่อที่จะหาฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของ RFID จึงได้ทำการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเช่นเดียวกันกับเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการฝึกสอนโดยใช้ฟังชั่นในการฝึกสอนเป็น trainlm มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ Goal = 0.00001 เพื่อหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ทำให้เครือข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพสูง

ในการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเพื่อหาฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดนั้นในขั้นตอนแรกจะทำการให้ชั้นซ่อนทั้ง 3 ชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นฟังก์ชั่นเดียวกันดังตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.23 ถึงรูปที่ 4.29 ซึ่งเป็นรูปกราฟของ Performance และกราฟของ Regression ที่ทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

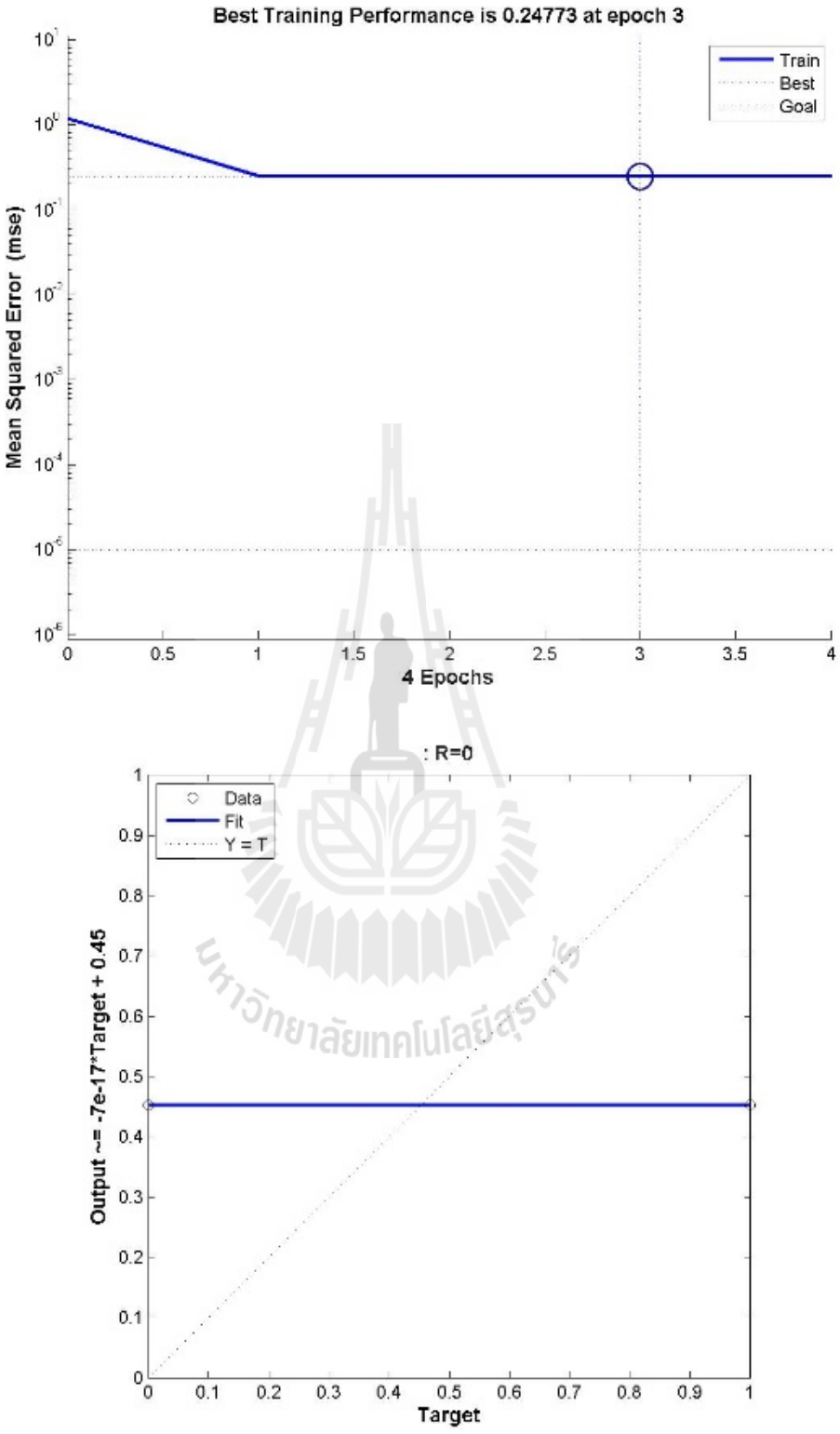
ตารางที่ 4.7 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนแรกของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID

ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim
Hardlims	Hardlims	Hardlims
Purelin	Purelin	Purelin
Poslin	Poslin	Poslin
Logsig	Logsig	Logsig
Tansig	Tansig	Tansig
Radbas	Radbas	Radbas

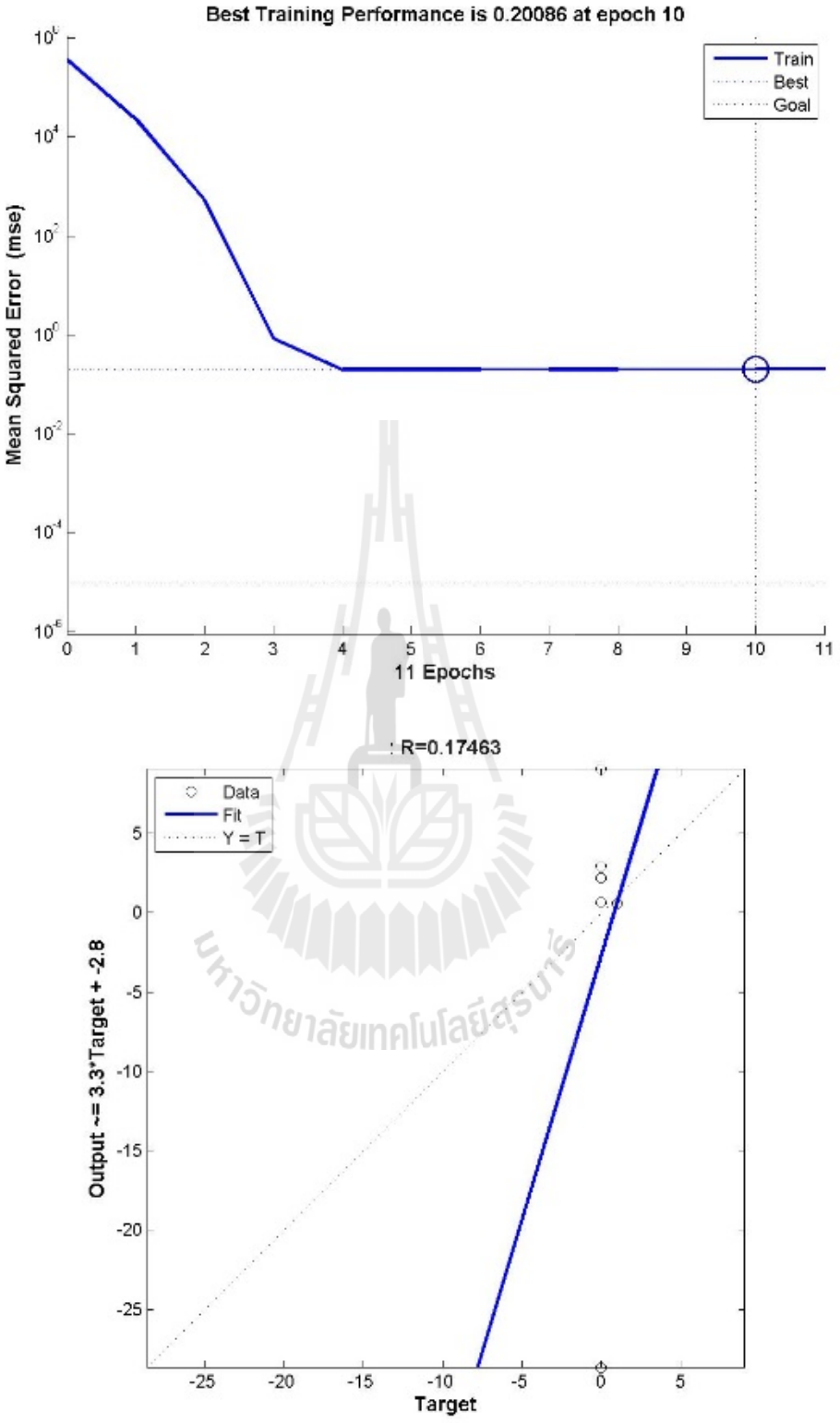
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



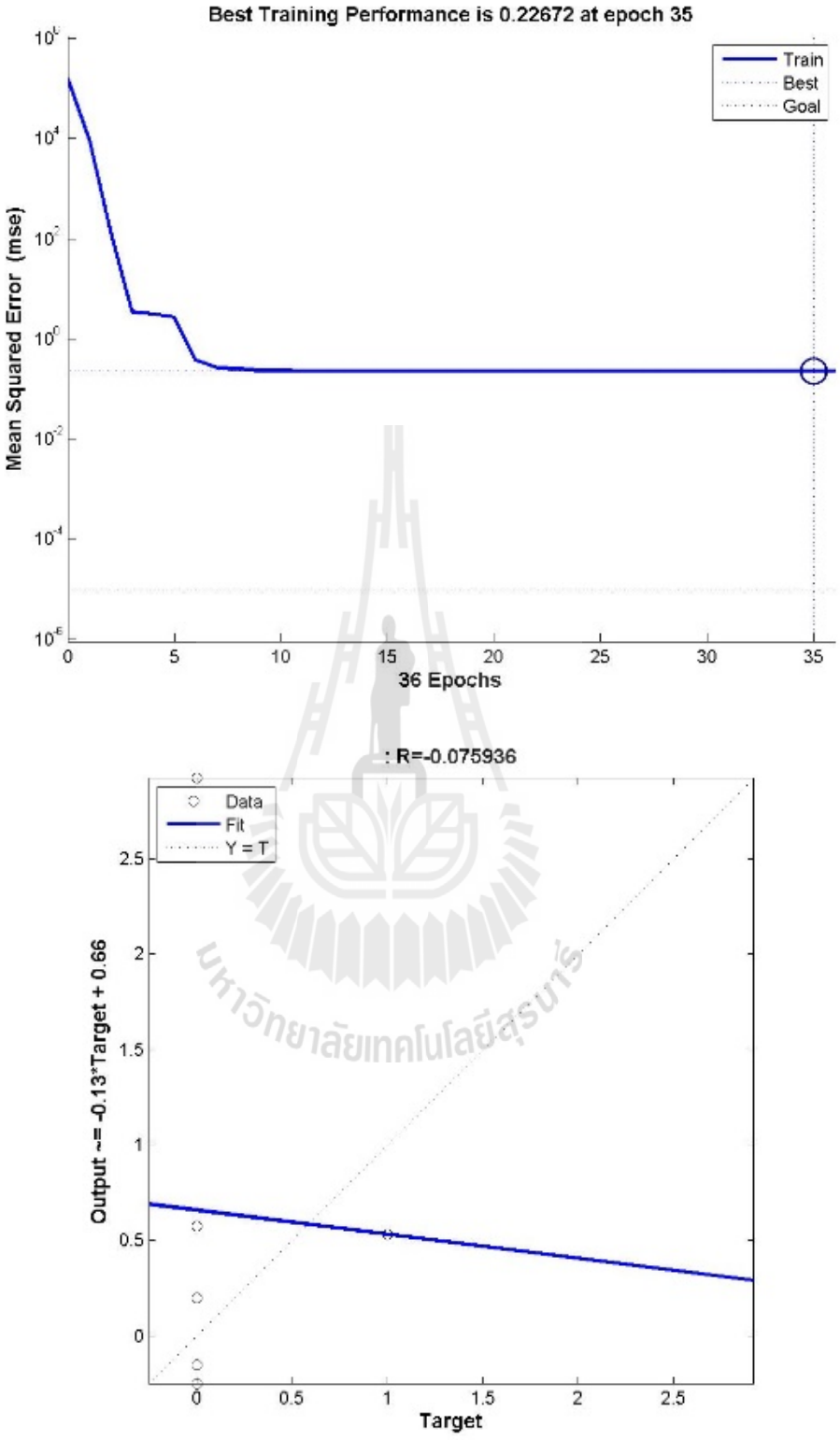
รูปที่ 4.23 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlim



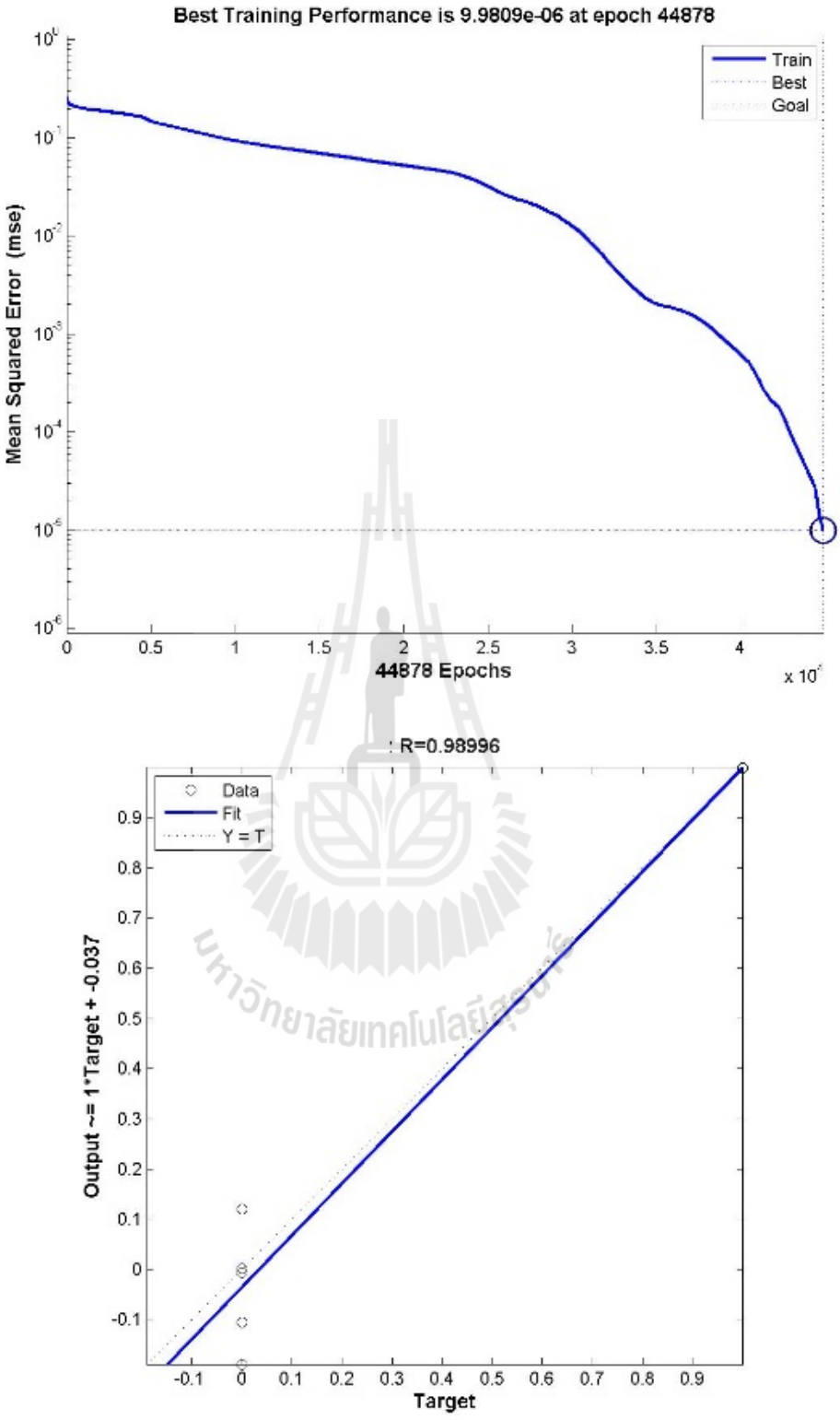
รูปที่ 4.24 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlims



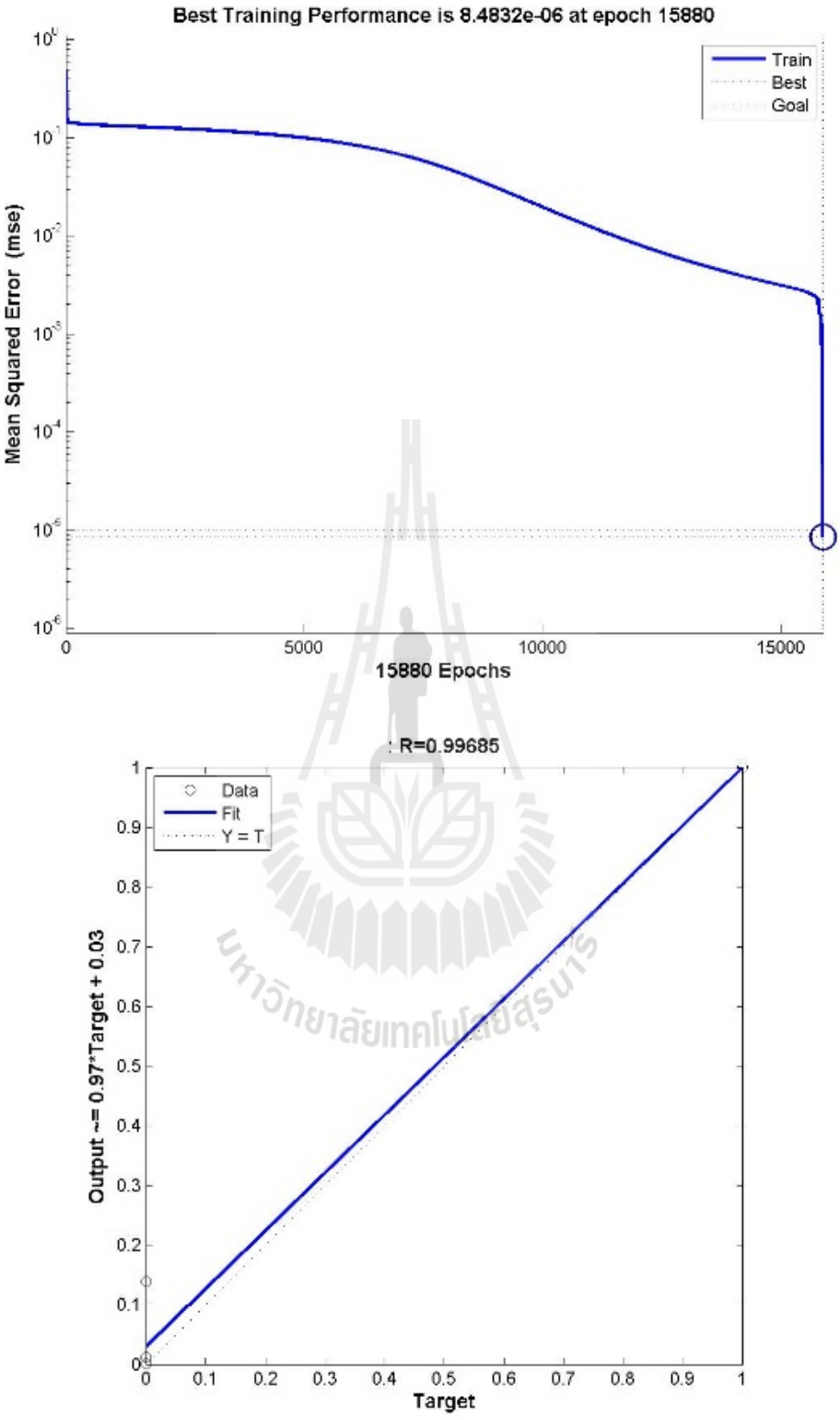
รูปที่ 4.25 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin



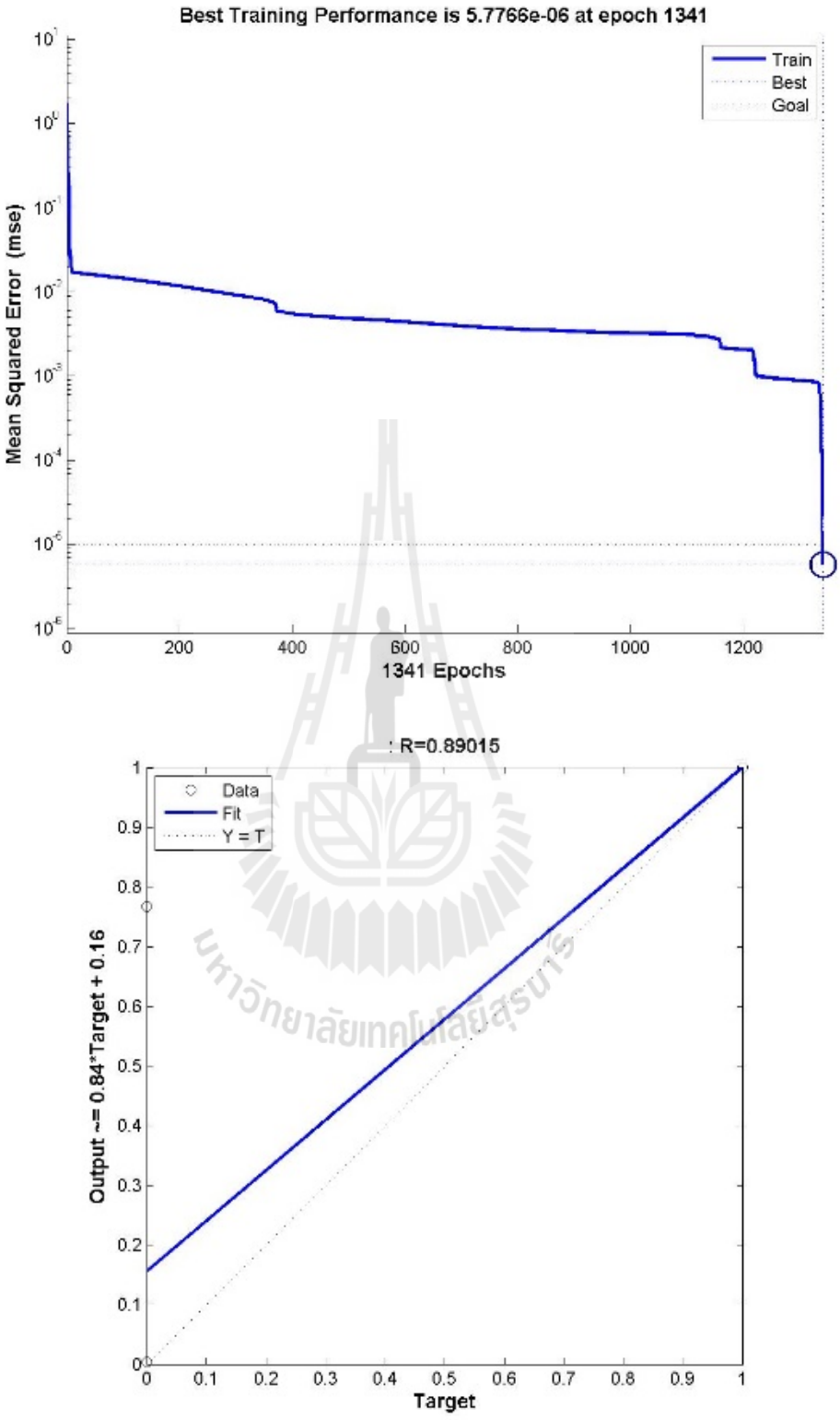
รูปที่ 4.26 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Poslin



รูปที่ 4.27 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Logsig



รูปที่ 4.28 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Tansig



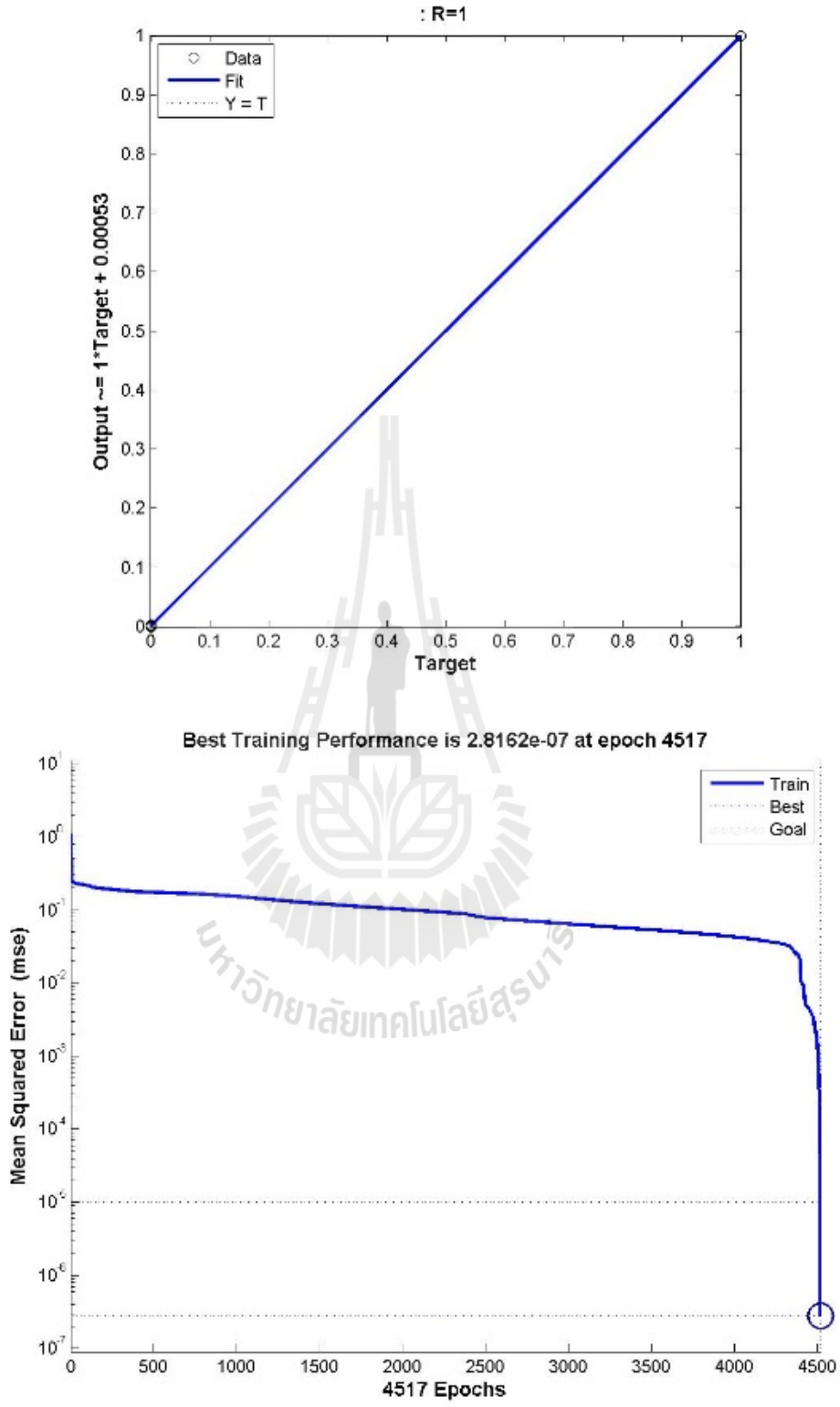
รูปที่ 4.29 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Radbas

จากรูปที่ 4.23 ถึงรูปที่ 4.29 เป็นการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเพื่อหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนโดยให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นฟังก์ชั่นเดียวกันซึ่งฟังก์ชั้นถ่ายโอนที่ใช้คือ Hardlim Hardlims Purelin Poslin Logsig Tansig และ Radbas ตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชั่น Hardlim Hardlims Purelin และ Poslin เมื่อนำไปฝึกสอนแล้วค่าของ Performance ไม่สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ และเมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนทำให้ได้กราฟของ Regression ที่ไม่ตรงกับเป้าหมาย ส่วนผลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas เมื่อนำไปฝึกสอนแล้วค่าของ Performance สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ และเมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายที่ฝึกสอนจากการใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Logsig มีกราฟของ Regression ที่ออกมาใกล้เคียงกับเป้าหมายโดยมีค่า R = 0.98996 และเครือข่ายที่ฝึกสอนจากการใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Tansig มีกราฟของ Regression ที่ออกมาใกล้เคียงกับเป้าหมายโดยมีค่า R = 0.99685 แต่เครือข่ายที่ฝึกสอนจากการใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Radbas มีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายโดยมีค่า R= 0.89015

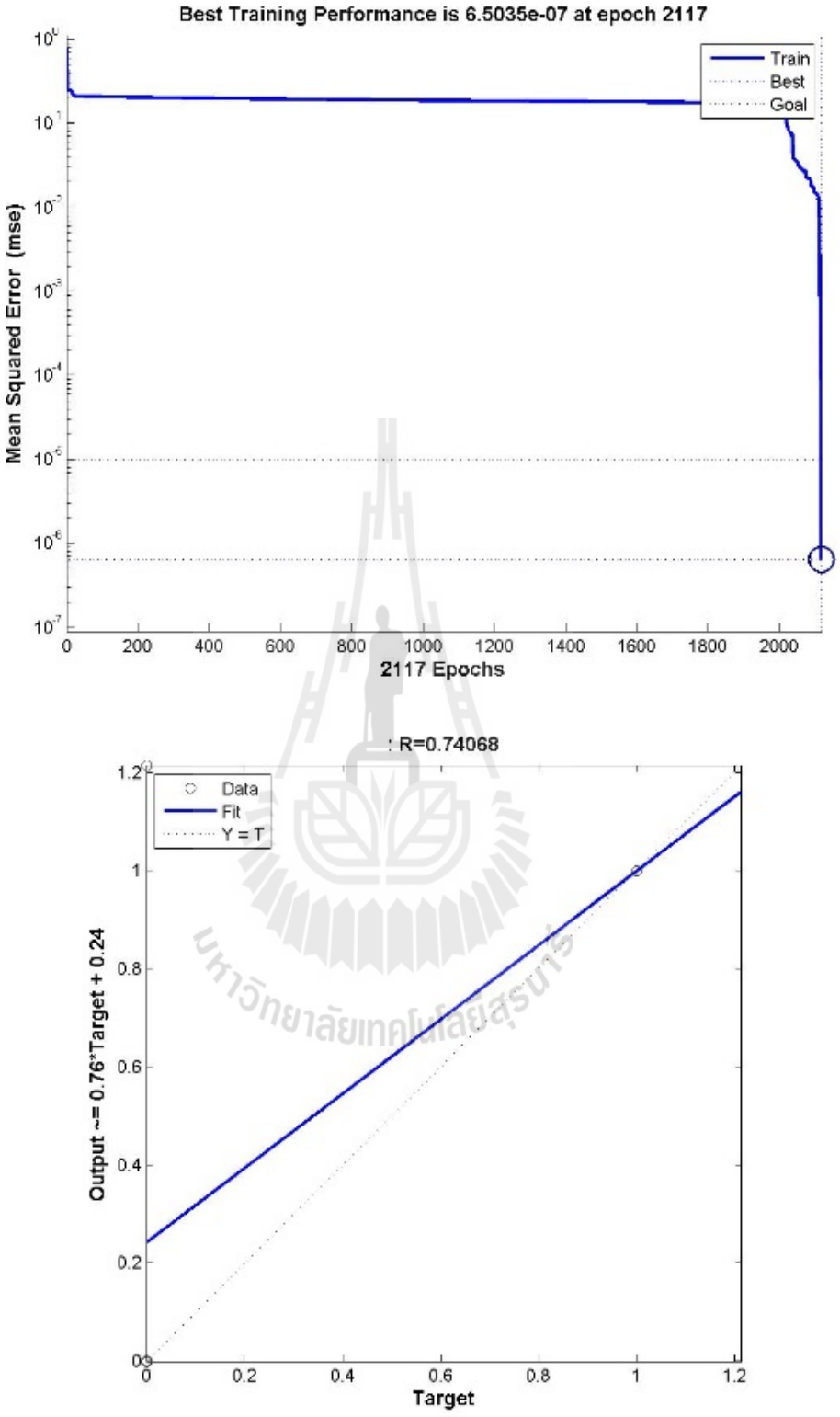
จากการทดสอบในขั้นตอนแรกพบว่าเมื่อนำเครือข่ายมาฝึกสอนโดยใช้ฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas แล้วค่าของ Performance สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ จึงได้ทำการทดสอบในขั้นต่อไปโดยทำการสุ่มสลับฟังก์ชันถ่ายโอนของแต่ละชั้นซ่อนดังในตารางที่ 4.8 เป็นรูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบ และในรูปที่ 4.30 ถึงรูปที่ 4.34 เป็นตัวอย่างรูปกราฟของ Performance และกราฟของ Regression ที่ทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

ตารางที่ 4.8 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สองของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID

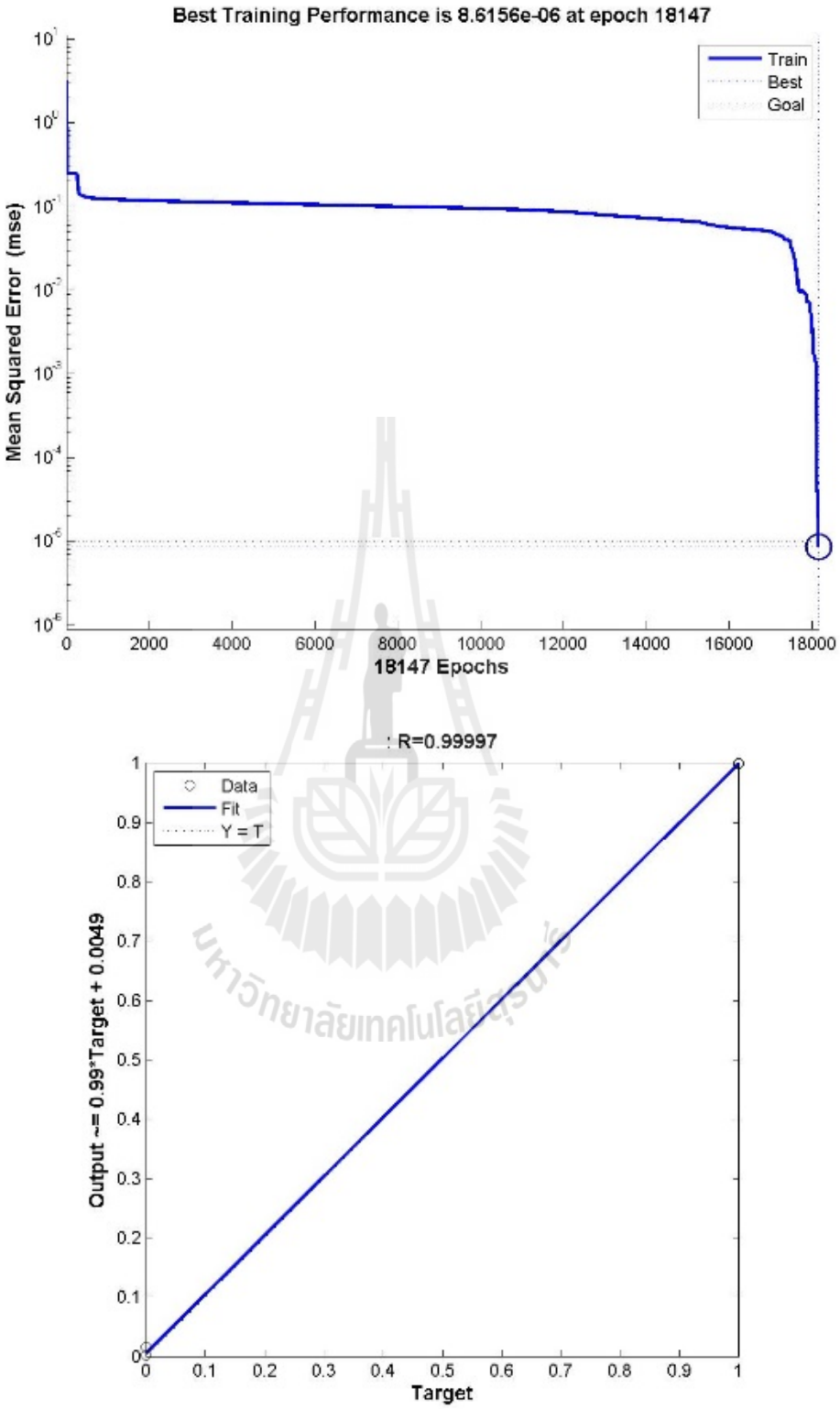
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Logsig	Logsig	Radbas
Logsig	Logsig	Tansig
Logsig	Radbas	Logsig
Logsig	Tansig	Logsig
Tansig	Logsig	Logsig



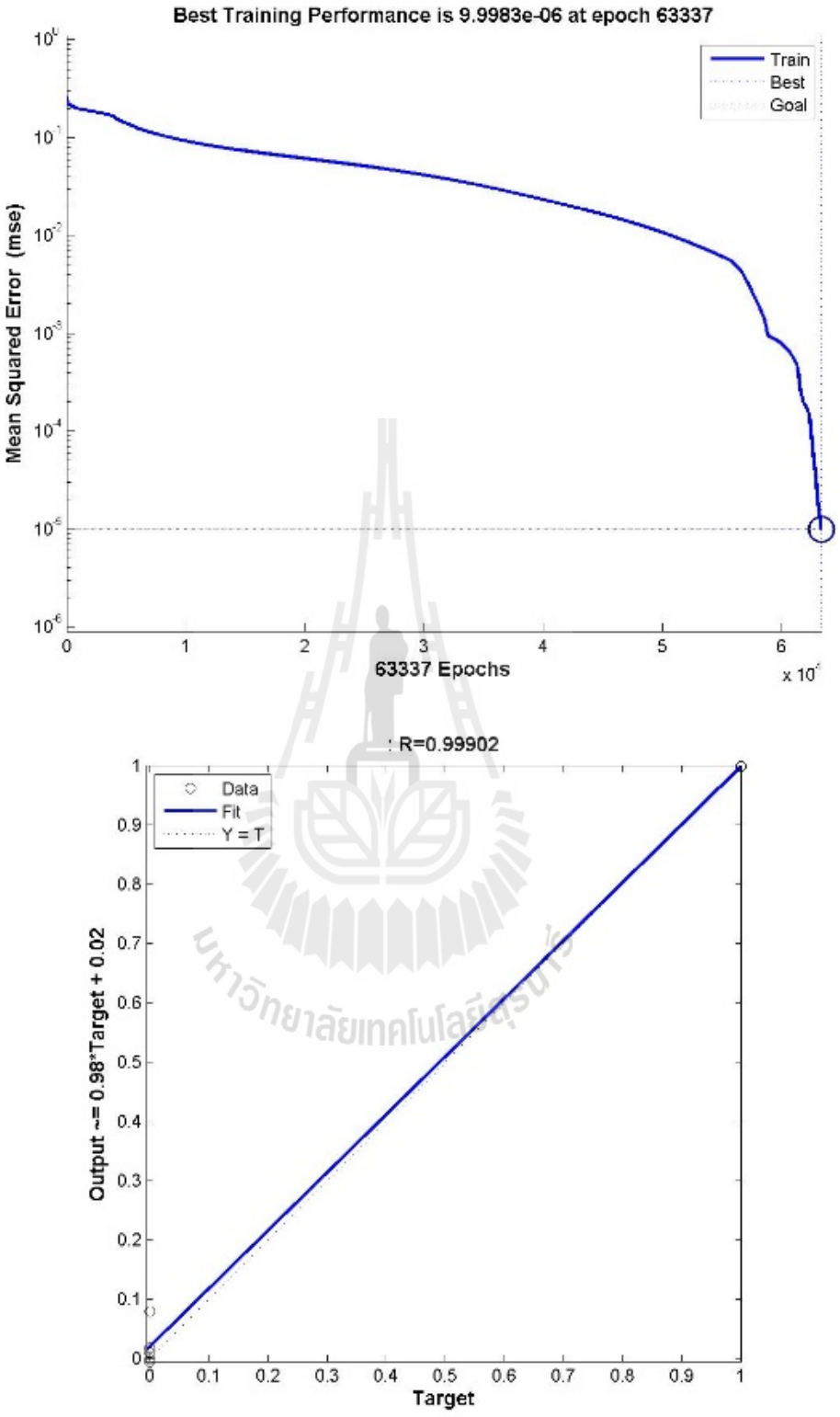
รูปที่ 4.30 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Radbas



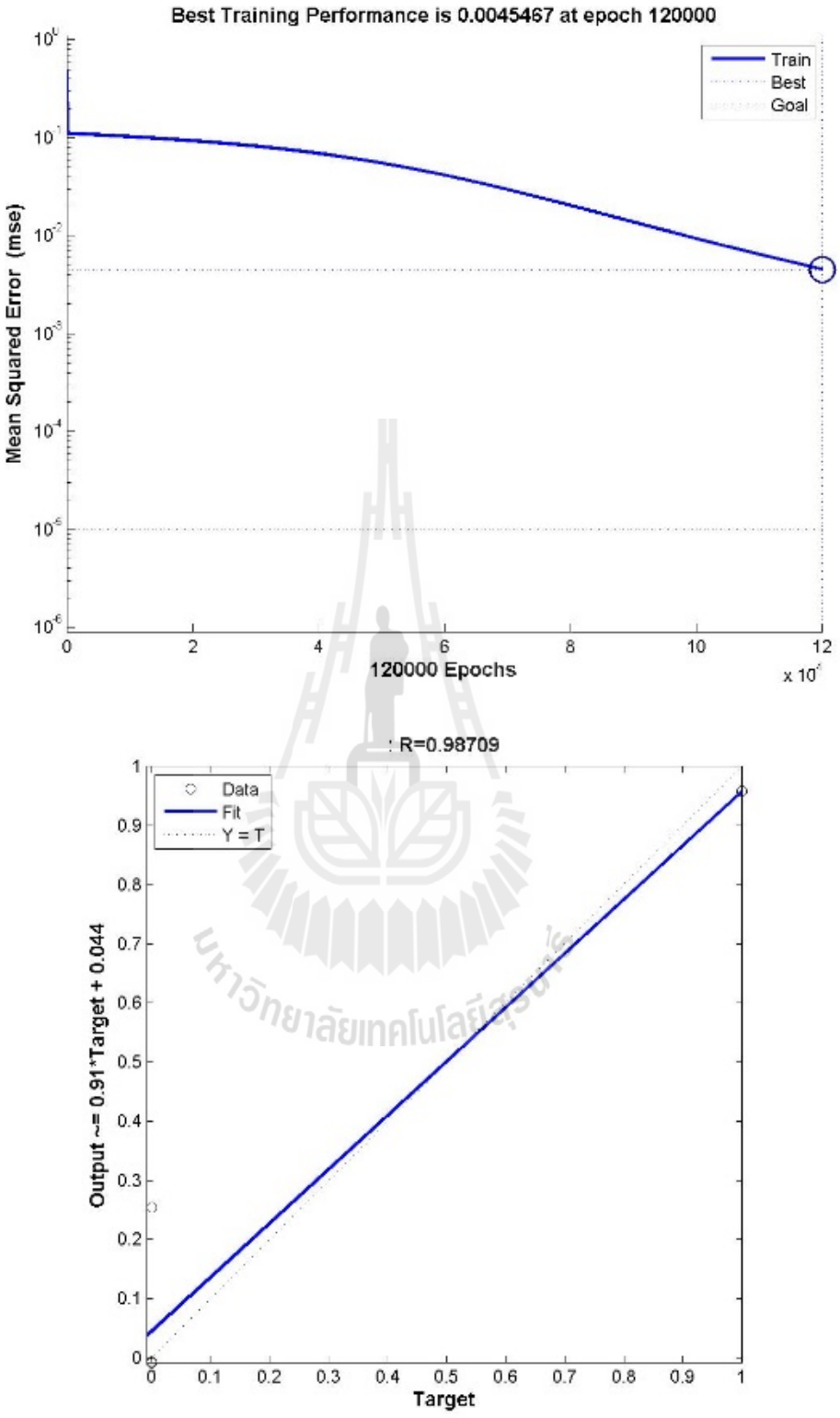
รูปที่ 4.31 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig



รูปที่ 4.32 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Logsig



รูปที่ 4.33 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig



รูปที่ 4.34 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig

รูปที่ 4.30 ถึงรูปที่ 4.34 เป็นการทดสอบโดยการสุ่มฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas มาใช้ในการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอน ผลที่ได้คือมีฟังก์ชันถ่ายโอนหลายรูปแบบที่สามารถทำให้เครือข่ายประสาทเทียมมีค่า Performance ถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ แต่พบว่ามีรูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนบางรูปแบบแม้ว่าจะสามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้แต่เมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในฝึกสอนผลปรากฏว่ามีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายทำให้เอาต์พุตที่ได้นั้นไม่ถูกต้อง

การทดสอบขั้นที่สามจึงได้ทำการสลับฟังก์ชั่นถ่ายโอนดังในตารางที่ 4.9 และทำการทดสอบในแต่ละรูปแบบจำนวน 3 ครั้งเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง และในตารางที่ 4.10 เป็นตารางผลการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบ ซึ่งมีการแสดงค่าของ Performance และ Regression จากการทดสอบแต่ละรูปแบบจำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.9 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID

ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim
Hardlims	Hardlims	Hardlims
Purelin	Purelin	Purelin
Poslin	Poslin	Poslin
Tansig	Tansig	Tansig
Radbas	Radbas	Radbas
Logsig	Logsig	Logsig
Logsig	Logsig	Tansig
Logsig	Logsig	Radbas
Logsig	Tansig	Logsig
Logsig	Radbas	Logsig
Tansig	Logsig	Logsig
Radbas	Logsig	Logsig
Logsig	Tansig	Tansig
Logsig	Radbas	Radbas

ตารางที่ 4.9 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID (ต่อ)

ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Tansig	Logsig	Tansig
Radbas	Logsig	Radbas
Tansig	Tansig	Logsig
Radbas	Radbas	Logsig
Tansig	Tansig	Radbas
Tansig	Radbas	Tansig
Radbas	Tansig	Tansig
Tansig	Radbas	Radbas
Radbas	Tansig	Radbas
Radbas	Radbas	Tansig

ตารางที่ 4.10 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ RFID

รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim	Performance	0.24773	0.24773	0.24773
			Regression	0	0	0
Hardlims	Hardlims	Hardlims	Performance	0.24773	0.24773	0.24773
			Regression	0	0	0
Purelin	Purelin	Purelin	Performance	0.20086	0.20086	0.20086
			Regression	0.17463	-0.20507	0.44947
Poslin	Poslin	Poslin	Performance	0.23748	0.22672	0.14864
			Regression	0.32889	-0.07593	0.47879

ตารางที่ 4.10 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ RFID (ต่อ)

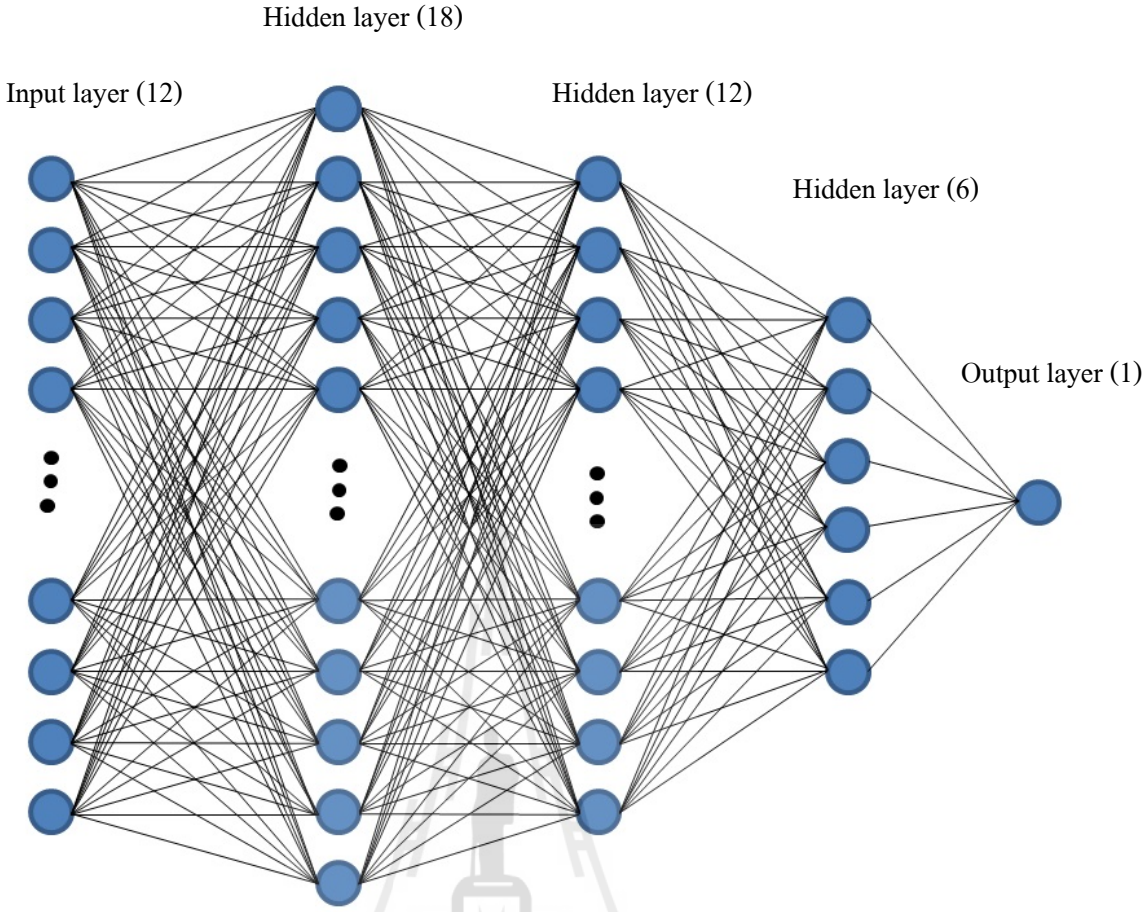
รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Tansig	Tansig	Tansig	Performance	9.1033e-6	8.4832e-6	9.2942e-6
			Regression	0.99998	0.99685	1
Radbas	Radbas	Radbas	Performance	5.7766e-6	0.24773	9.1013e-6
			Regression	0.89015	-0.33333	0.60689
Logsig	Logsig	Logsig	Performance	9.9809e-6	0.16395	8.8155e-6
			Regression	0.98996	-0.15892	1
Logsig	Logsig	Tansig	Performance	0.24773	6.5035e-7	0.24773
			Regression	0.16776	0.74068	0
Logsig	Logsig	Radbas	Performance	2.6419e-6	2.8162e-7	9.4942e-6
			Regression	0.80833	1	0.99513
Logsig	Tansig	Logsig	Performance	0.24773	9.9983e-6	6.9654e-6
			Regression	0.56483	0.99902	0.99488
Logsig	Radbas	Logsig	Performance	8.6156e-6	9.0016e-6	9.6331e-6
			Regression	0.99997	0.78906	0.63355
Tansig	Logsig	Logsig	Performance	0.24773	0.0045467	9.3775e-6
			Regression	0.50000	0.98709	1
Radbas	Logsig	Logsig	Performance	0.24773	9.9255e-6	8.0065e-6
			Regression	0.33333	0.88785	0.81885
Logsig	Tansig	Tansig	Performance	9.6751e-6	9.8664e-6	9.5263e-6
			Regression	0.99969	0.99899	0.97502
Logsig	Radbas	Radbas	Performance	7.7332e-6	0.24773	8.7720e-6
			Regression	0.99403	0.5	0.98492

ตารางที่ 4.10 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ RFID (ต่อ)

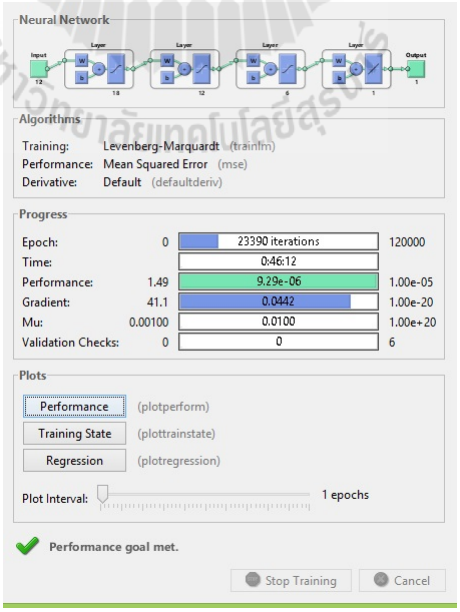
รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Tansig	Logsig	Tansig	Performance	8.9963e-6	9.7212e-6	9.8125e-6
			Regression	0.88640	0.99326	0.78584
Radbas	Logsig	Radbas	Performance	9.8528e-6	9.9446e-6	0.24773
			Regression	0.99968	0.82256	0
Tansig	Tansig	Logsig	Performance	9.9872e-6	8.0554e-6	6.6222e-6
			Regression	0.99821	0.99807	0.90440
Radbas	Radbas	Logsig	Performance	9.9517e-6	0.24773	9.2409e-6
			Regression	0.99902	-0.33333	0.99998
Tansig	Tansig	Radbas	Performance	9.5532e-6	0.24773	0.24773
			Regression	0.99697	0	0.33333
Tansig	Radbas	Tansig	Performance	8.7247e-6	7.3366e-6	8.2245e-6
			Regression	0.72275	0.91886	0.82767
Radbas	Tansig	Tansig	Performance	9.1067e-6	3.9109e-6	0.24773
			Regression	0.62296	0.99998	0
Tansig	Radbas	Radbas	Performance	9.9201e-6	0.24773	0.24773
			Regression	0.99999	0.68680	0.34678
Radbas	Tansig	Radbas	Performance	9.9371e-6	9.0727e-6	8.1127e-6
			Regression	0.87381	0.89533	0.83910
Radbas	Radbas	Tansig	Performance	4.4368e-6	9.8433e-6	0.12181
			Regression	1	0.99994	0.33320

ผลที่ได้จากการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชั่นถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของ RFID ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งเป้าหมายของการทดสอบคือการหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สามารถให้เอาต์พุตที่ถูกต้องเมื่อใช้งานกับทั้งข้อมูลที่ได้รับการฝึกสอนและข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน สำหรับผลที่ออกมามีทั้งรูปแบบที่สามารถฝึกสอนจนได้ Performance ตามที่ต้องการ และรูปแบบที่ไม่สามารถฝึกสอนให้ได้ Performance ที่ตั้งไว้ หรือเป็นรูปแบบที่ฝึกสอนได้ถึง Performance ที่ตั้งไว้แต่มีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายทำให้เอาต์พุตที่ได้นั้นไม่ถูกต้องเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน จึงทำการเลือกฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากว่าในการฝึกสอน 3 ครั้ง สามารถฝึกสอนจนได้ Performance ตามที่ต้องการได้ทั้ง 3 ครั้ง และมีกราฟของ Regression ที่ออกมาเข้าใกล้ 1 ทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งฟังก์ชันถ่ายโอนที่เลือกมีรายละเอียดดังนี้ ที่ชั้นแรกมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Tansig และชั้นที่ 2 มีฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ใช้เป็น Tansig และชั้นที่ 3 มีฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ใช้เป็น Tansig

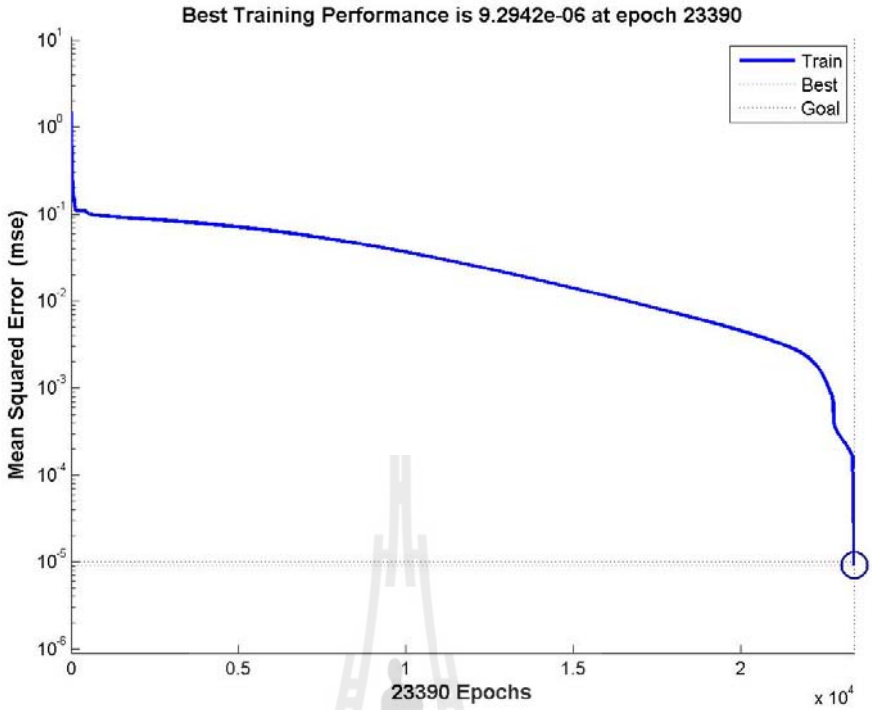
ส่วนของชั้นเอาต์พุตมี 1 เอาต์พุต ฟังก์ชันถ่ายโอนคือ Purelin เอาต์พุตที่ได้คือ ค่าที่เครือข่ายประสาทเทียมแสดงว่าชุดข้อมูลอินพุตที่เข้ามามีความผิดปกติหรือไม่ โดยใช้ค่า 01 แทนชุดข้อมูลปกติ และค่า 00 แทนชุดข้อมูลผิดปกติ รูปที่ 4.35 แสดงแผนภาพของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ RFID ซึ่งหลังจากการออกแบบและฝึกสอนโดยใช้คำสั่ง train ของโปรแกรม Matlab แล้วได้ผลการฝึกสอนดังรูปที่ 4.36 และมีกราฟของ Performance กราฟของ Gradient Mu Validation Checks และกราฟของ Regression จากการฝึกสอน และกราฟของ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนในรูปที่ 4.37 ถึงรูปที่ 4.40 ตามลำดับ



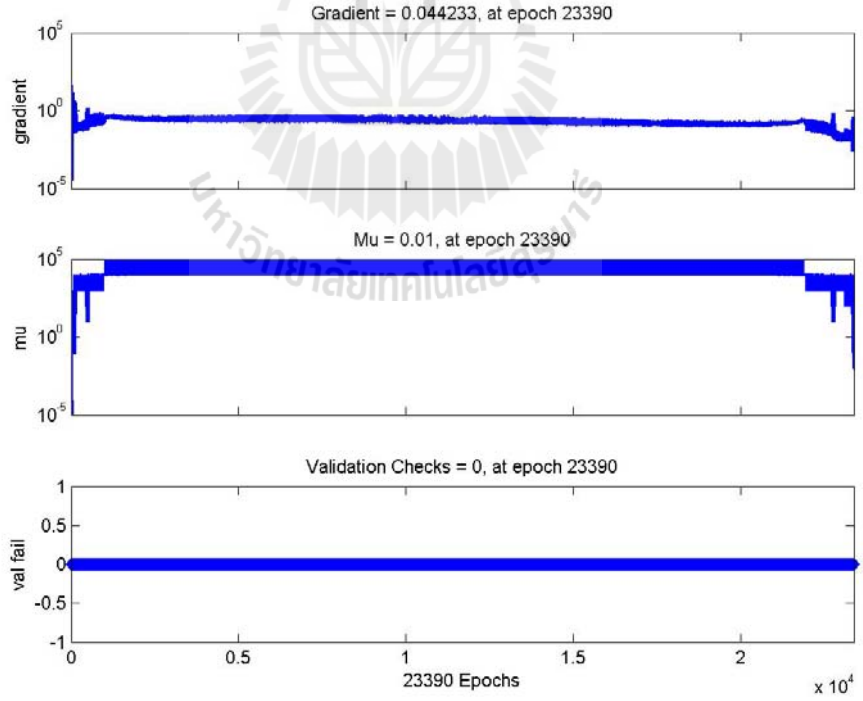
รูปที่ 4.35 แผนภาพเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ RFID



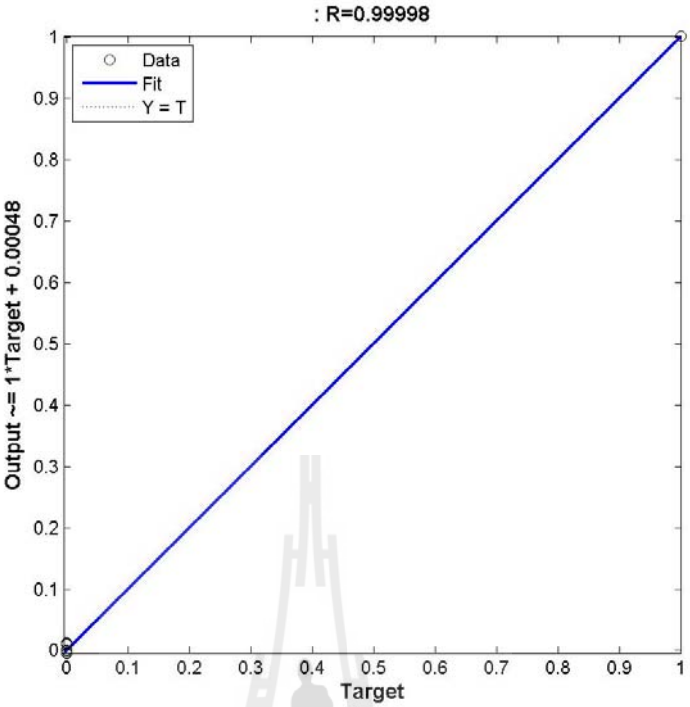
รูปที่ 4.36 การฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม



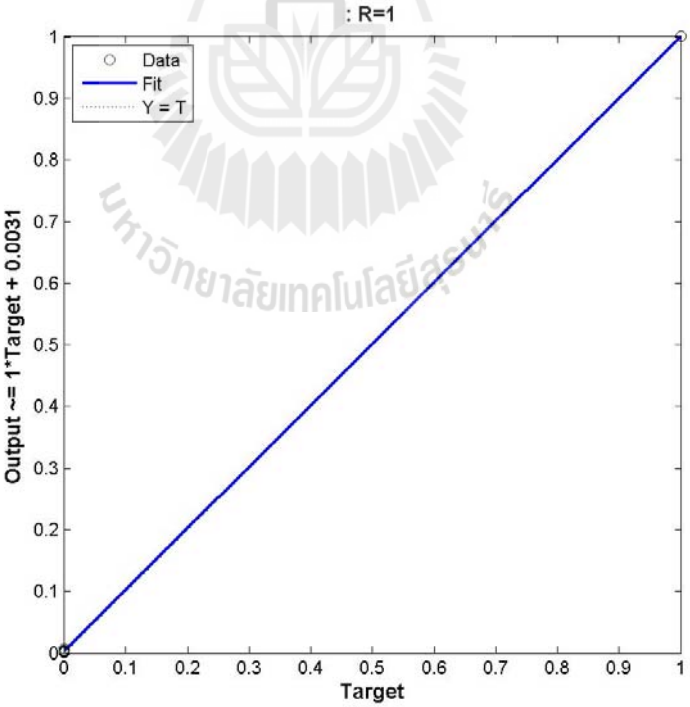
รูปที่ 4.37 กราฟ Performance ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.38 กราฟ Gradient Mu และ Validation Checks ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.39 กราฟ Regression ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.40 กราฟ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

4.3.3 เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee

การออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ Zigbee ประกอบด้วยชั้นอินพุตจำนวน 1 ชั้น ชั้นซ่อนจำนวน 3 ชั้น และ ชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 ชั้น

ในชั้นอินพุตประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ Zigbee เช่น เวอร์ชันของเฟิร์มแวร์ อัตราบอด และหมายเลขของ Zigbee ปลายทาง ในตารางที่ 4.11 เป็นตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee

ตัวอย่างข้อมูลอินพุต	เอาต์พุต
1247 3 F 100 13A200 40601FC2	01
1247 3 D 100 13A200 40601FC2	01
1047 3 F 100 13A200 40601FC2	00
1247 4 C 100 13A200 40601FC2	00
1247 3 F 100 13A200 408CDC2B	00
1047 3 F 100 13A200 408CDC2B	00

จากตารางที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติ Zigbee ประกอบด้วย เวอร์ชันของเฟิร์มแวร์ของ Zigbee เป็น 1247 ซึ่งเป็น ROUTER/END DEVICE AT อัตราบอดเป็น 3 คือ 9600 Channel ที่ใช้ PAN ID ที่ใช้ และหมายเลขของ Zigbee ปลายทางซึ่งเป็นหมายเลขของ Zigbee ที่ศูนย์ควบคุมมี DH เป็น 13A200 และ DL เป็น 40601FC2 และหากค่าพารามิเตอร์ถูกต้องเอาต์พุตจะเป็น 01 และถ้าผิดเอาต์พุตจะเป็น 00

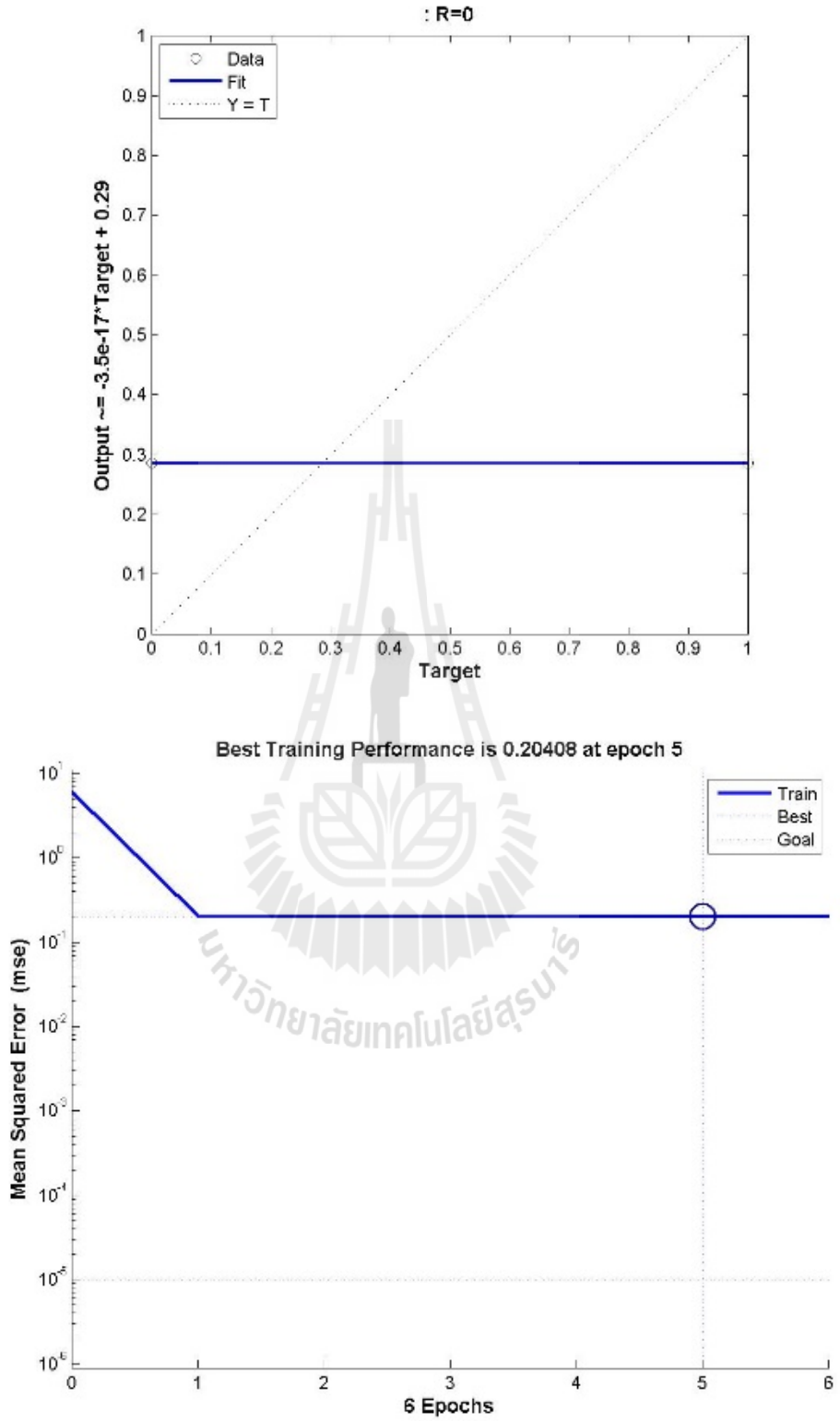
ในชั้นซ่อนของเครือข่ายประสาทเทียมทั้ง 3 ชั้น โดยกำหนดให้ชั้นซ่อนที่ 1 มีจำนวน 18 นิวรอน ชั้นซ่อนที่ 2 มีจำนวน 12 นิวรอนและชั้นซ่อนที่ 3 มี 6 นิวรอน เพื่อที่จะหาฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee จึงได้ทำการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเช่นเดียวกันกับเครือข่ายประสาทเทียมที่ผ่านมา โดยทำการฝึกสอนโดยใช้ฟังชั่นในการฝึกสอนเป็น trainlm มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ Goal = 0.00001 เพื่อหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่เหมาะสม

ในการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเพื่อหาฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดนั้นในขั้นตอนแรกจะทำการให้ชั้นซ่อนทั้ง 3 ชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นฟังก์ชั่นเดียวกันดังตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.41 ถึงรูปที่ 4.47 ซึ่งเป็นรูปกราฟของ Performance และกราฟของ Regression ที่ทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

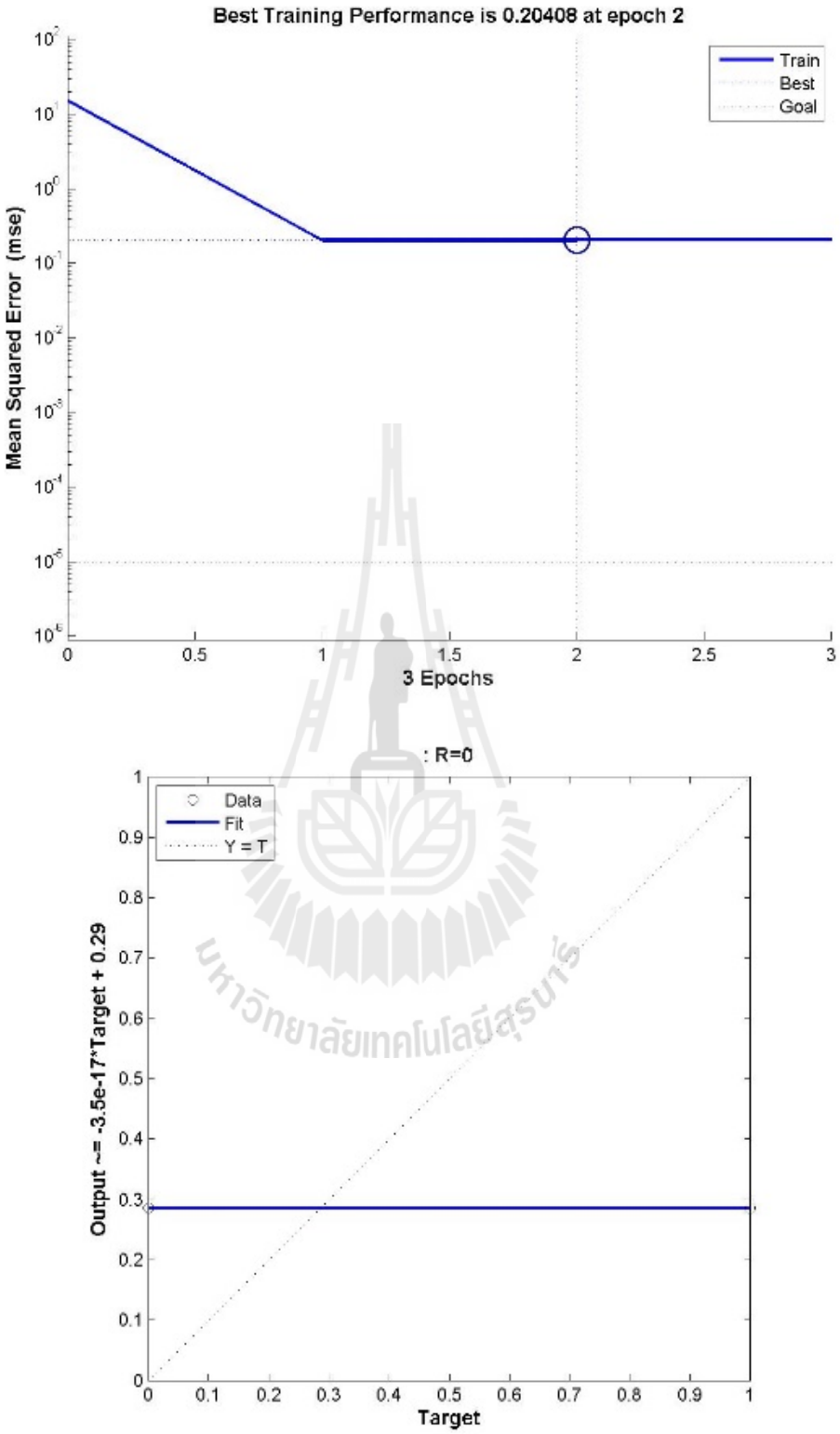
ตารางที่ 4.12 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนแรกของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee

ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim
Hardlims	Hardlims	Hardlims
Purelin	Purelin	Purelin
Poslin	Poslin	Poslin
Logsig	Logsig	Logsig
Tansig	Tansig	Tansig
Radbas	Radbas	Radbas

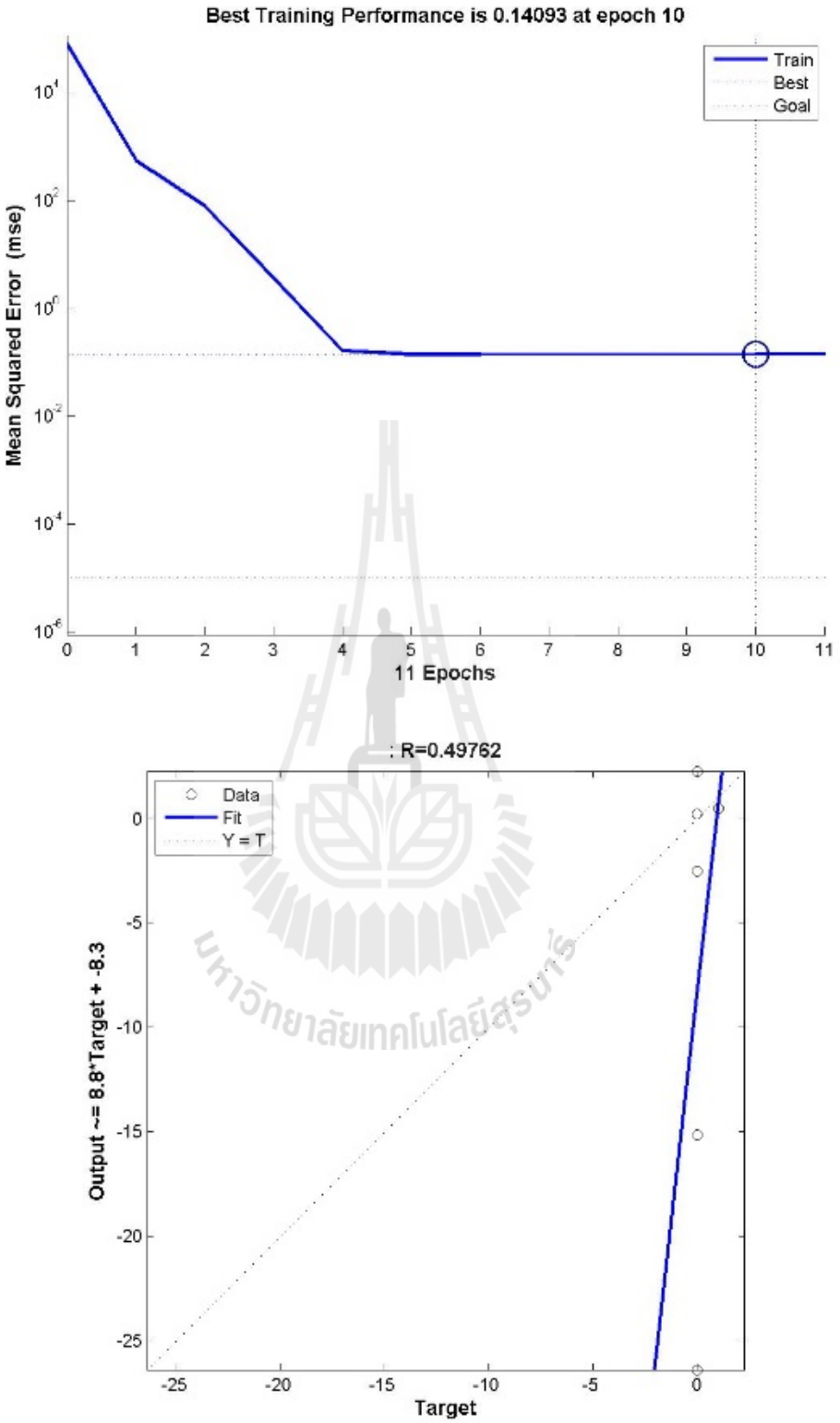
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



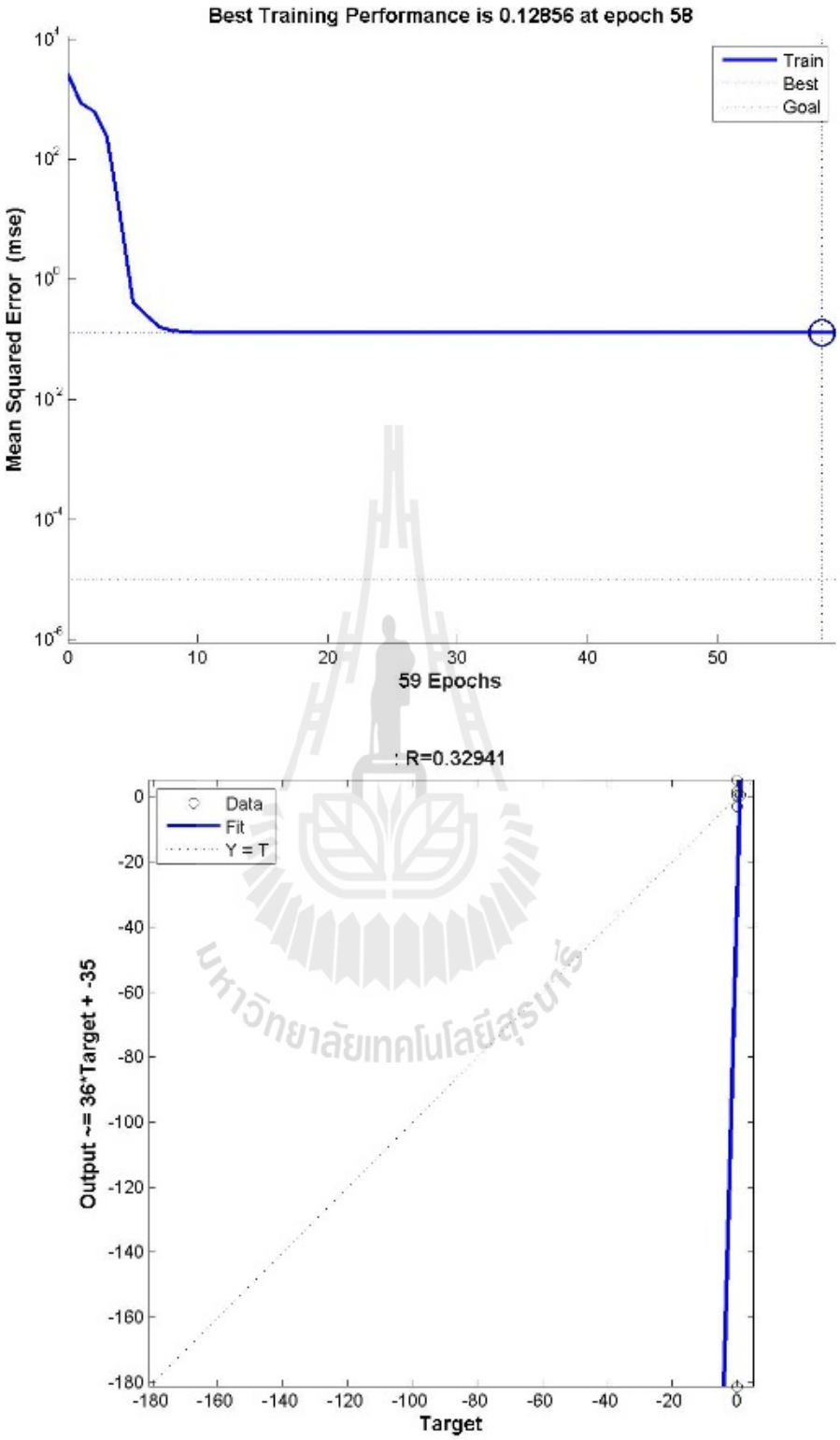
รูปที่ 4.41 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlim



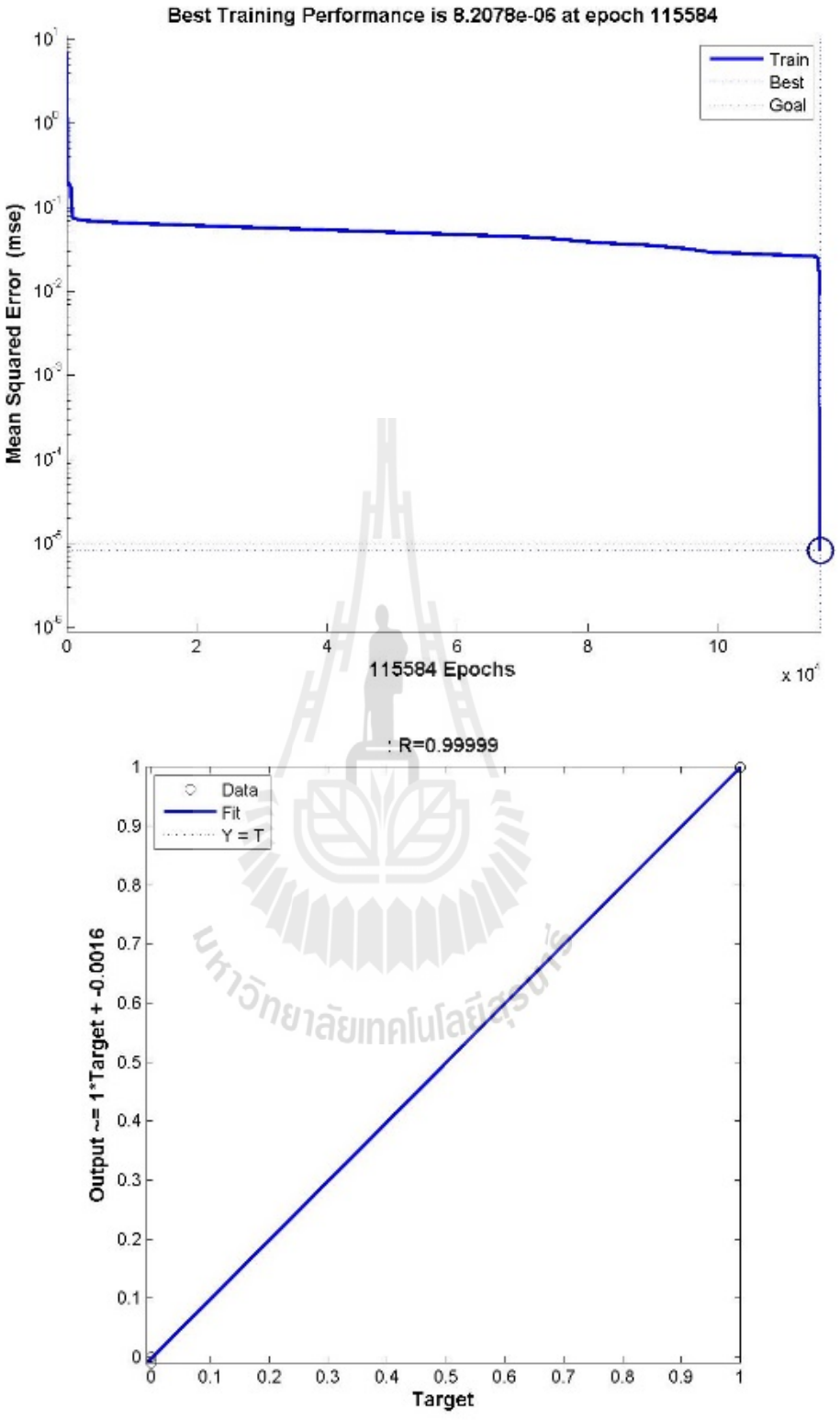
รูปที่ 4.42 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Hardlims



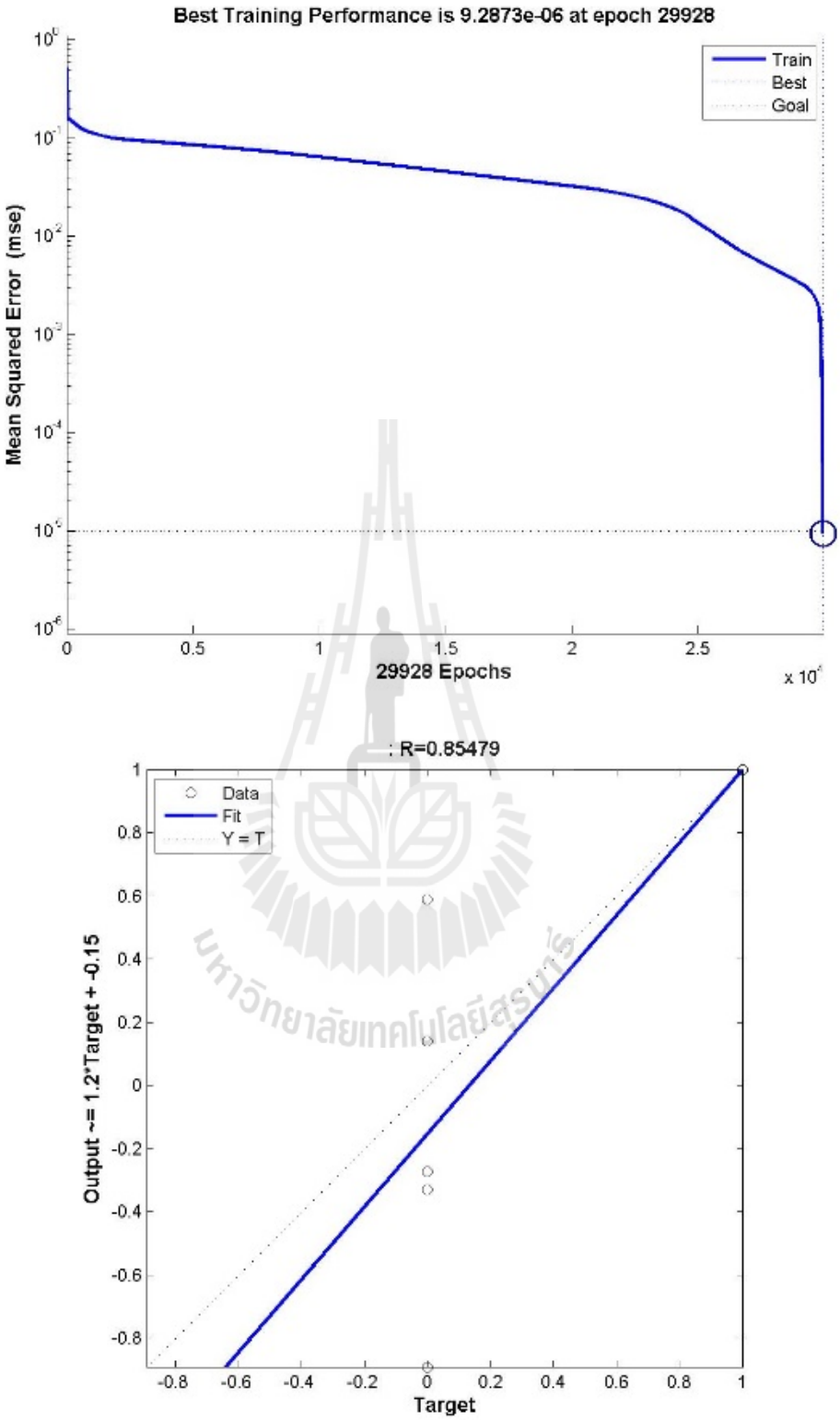
รูปที่ 4.43 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin



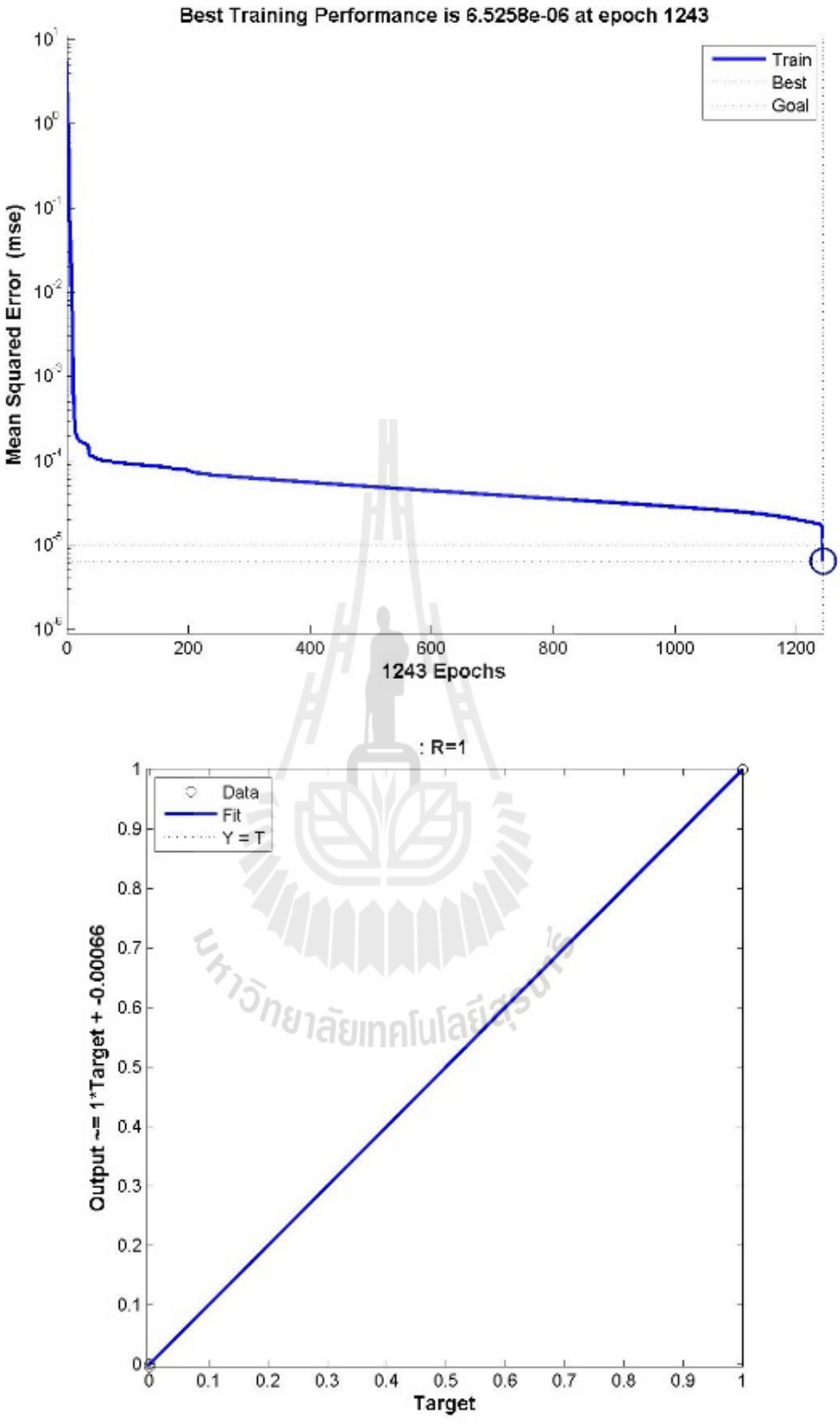
รูปที่ 4.44 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Poslin



รูปที่ 4.45 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Logsig



รูปที่ 4.46 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Tansig



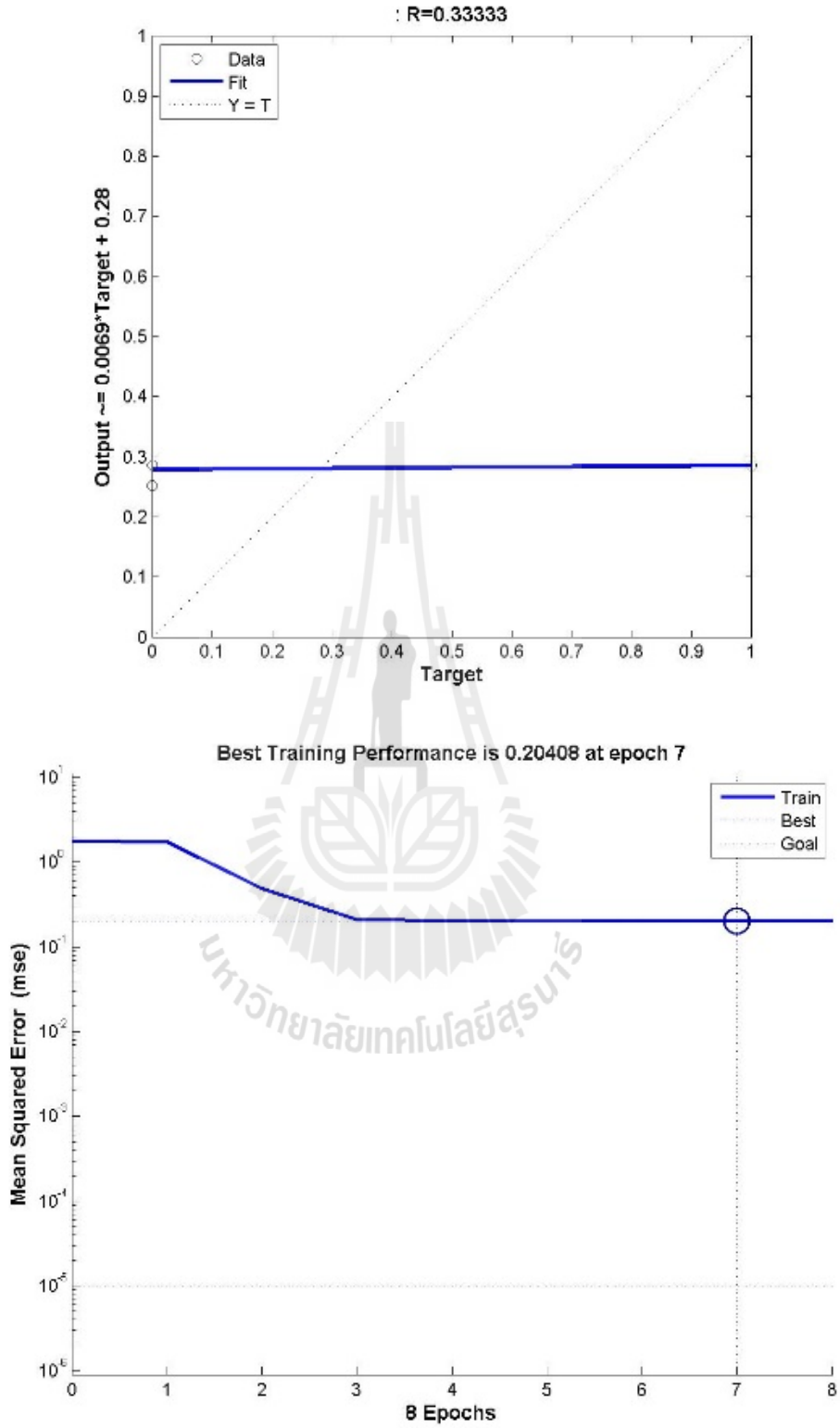
รูปที่ 4.47 การทดสอบโดยการให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Radbas

จากรูปที่ 4.41 ถึงรูปที่ 4.47 เป็นการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเพื่อหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนโดยให้ชั้นซ่อนทั้งสามชั้นมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นฟังก์ชั่นเดียวกันซึ่งฟังก์ชั้นถ่ายโอนที่ใช้คือ Hardlim Hardlims Purelin Poslin Logsig Tansig และ Radbas ตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชั่น Hardlim Hardlims Purelin และ Poslin เมื่อนำไปฝึกสอนแล้วค่าของ Performance ไม่สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ และเมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนทำให้ได้กราฟของ Regression ที่ไม่ตรงกับเป้าหมาย ส่วนผลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas เมื่อนำไปฝึกสอนแล้วค่าของ Performance สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ และเมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายที่ฝึกสอนจากการใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Logsig และ Radbas มีกราฟของ Regression ออกมาตรงกับเป้าหมายคือ R = 0.99999 และ 1 ตามลำดับ แต่เครือข่ายที่ฝึกสอนจากการใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Tansig มีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายโดยมีค่า R= 0.85479

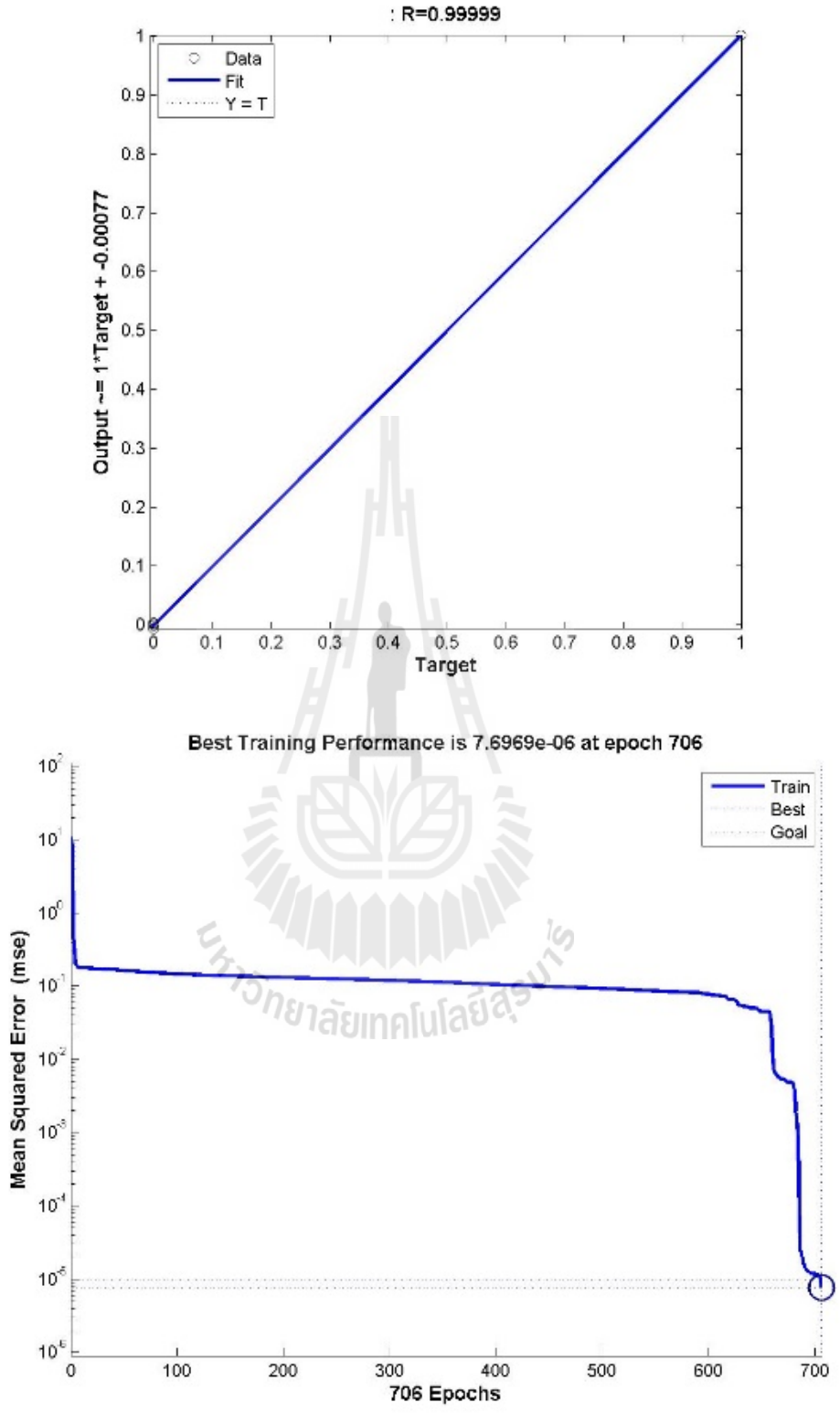
จากการทดสอบในขั้นตอนแรกพบว่าเมื่อนำเครือข่ายมาฝึกสอนโดยใช้ฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas แล้วค่าของ Performance สามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ จึงได้ทำการทดสอบในขั้นต่อไปโดยทำการสุ่มสลับฟังก์ชันถ่ายโอนของแต่ละชั้นซ่อนดังในตารางที่ 4.13 เป็นรูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบ และในรูปที่ 4.48 ถึงรูปที่ 4.56 เป็นตัวอย่างรูปกราฟของ Performance และกราฟของ Regression ที่ทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

ตารางที่ 4.13 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สองของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee

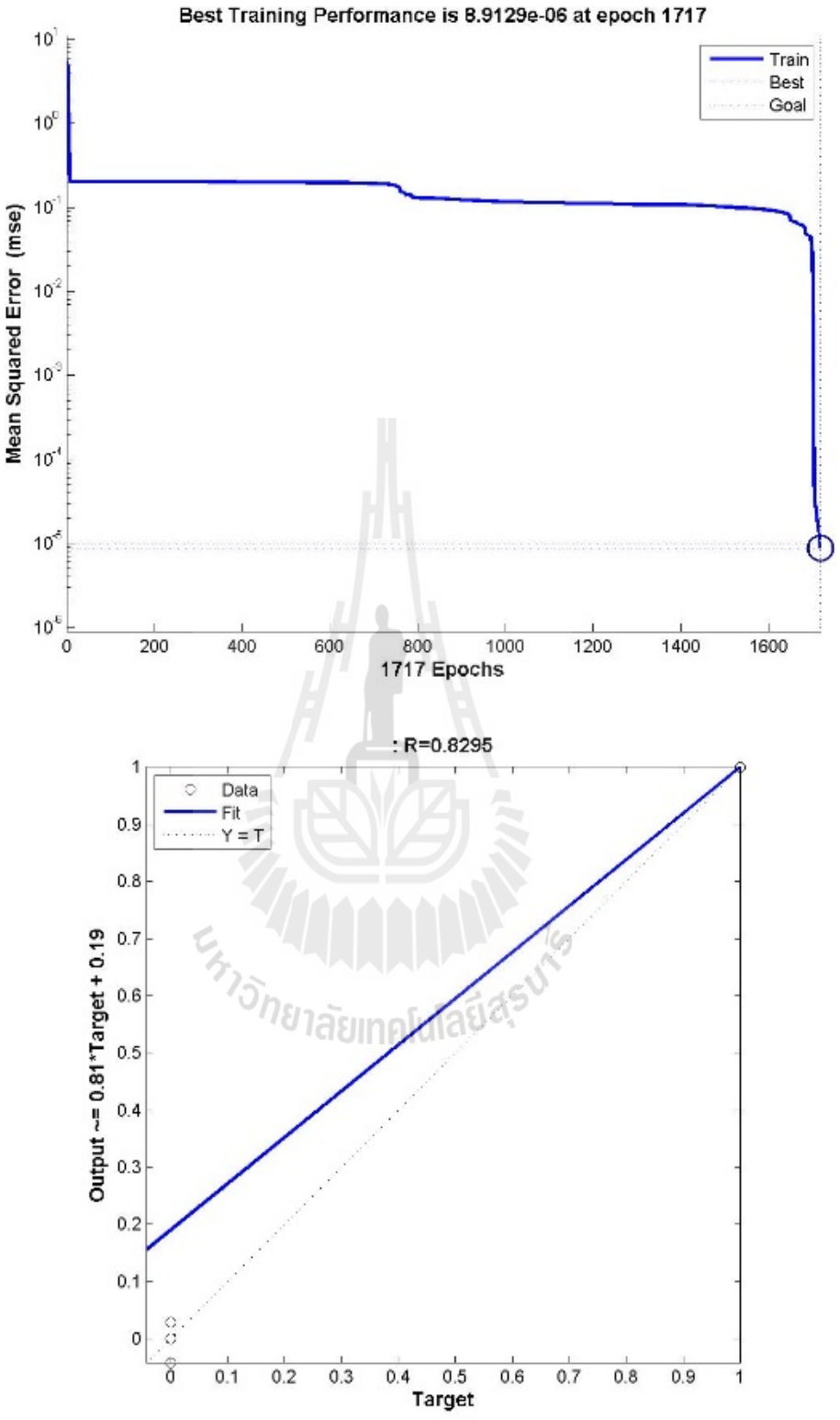
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Logsig	Logsig	Radbas
Logsig	Logsig	Tansig
Logsig	Radbas	Logsig
Logsig	Tansig	Logsig
Radbas	Logsig	Logsig
Radbas	Radbas	Logsig
Radbas	Tansig	Radbas
Tansig	Radbas	Radbas
Tansig	Tansig	Radbas



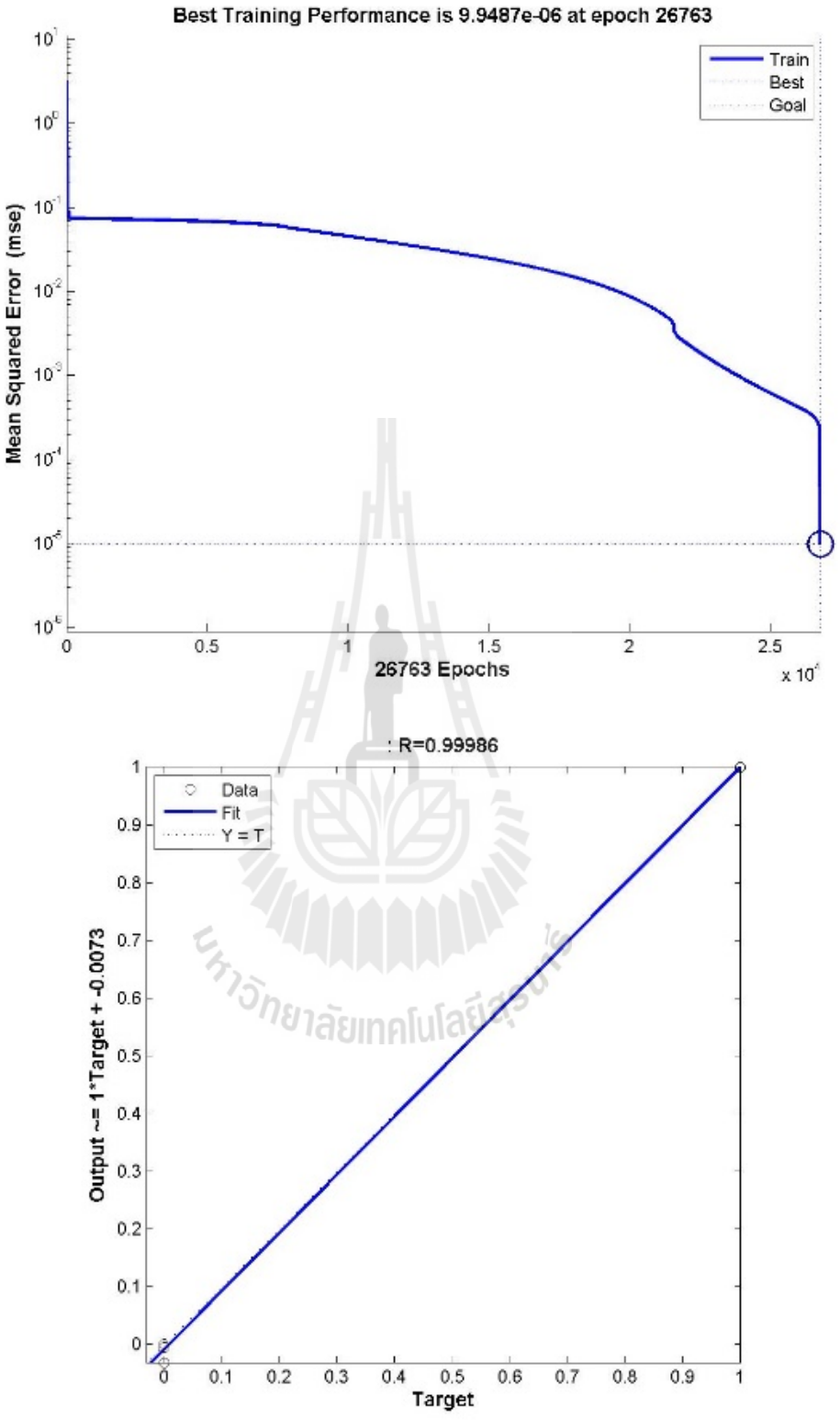
รูปที่ 4.48 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Radbas



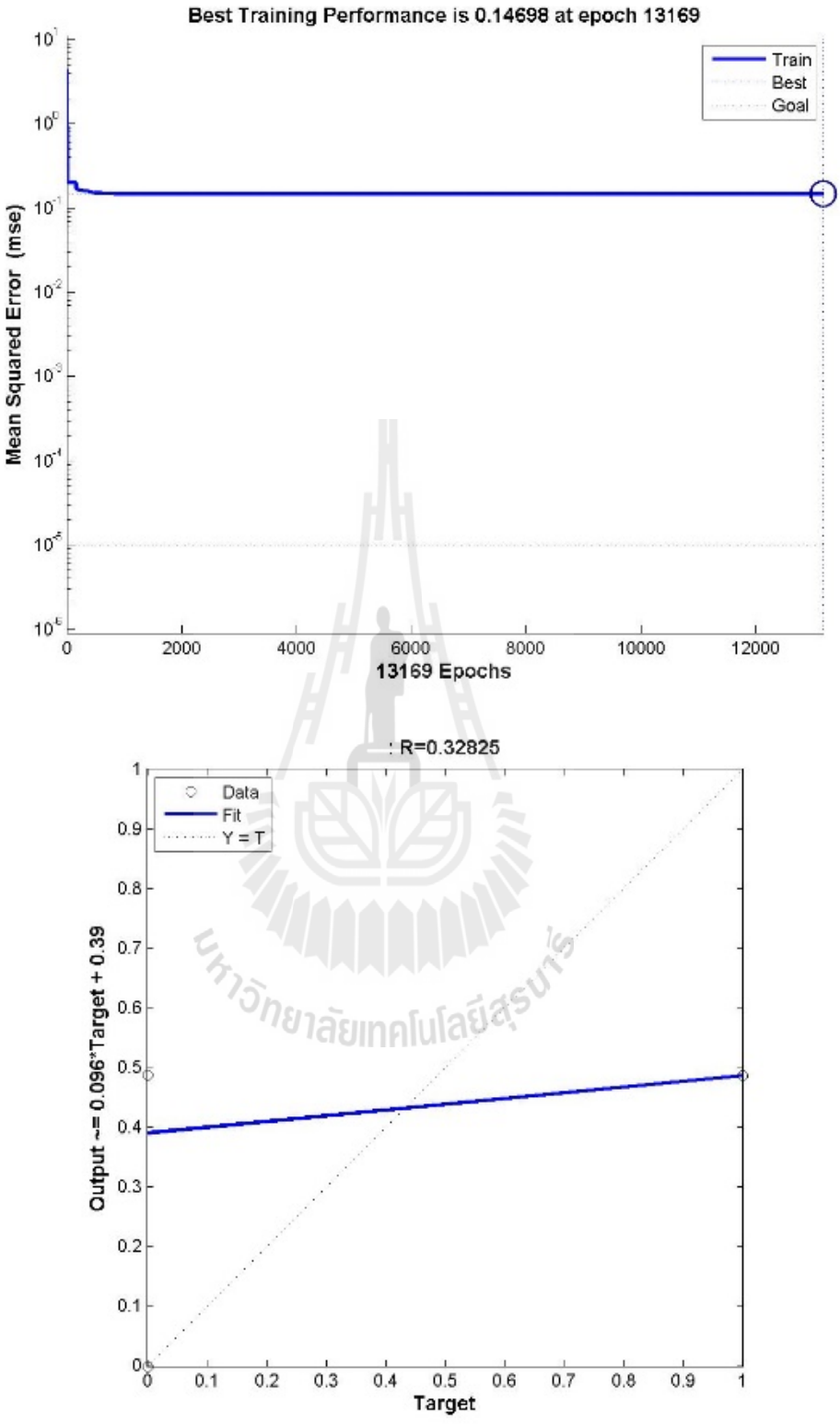
รูปที่ 4.49 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Tansig



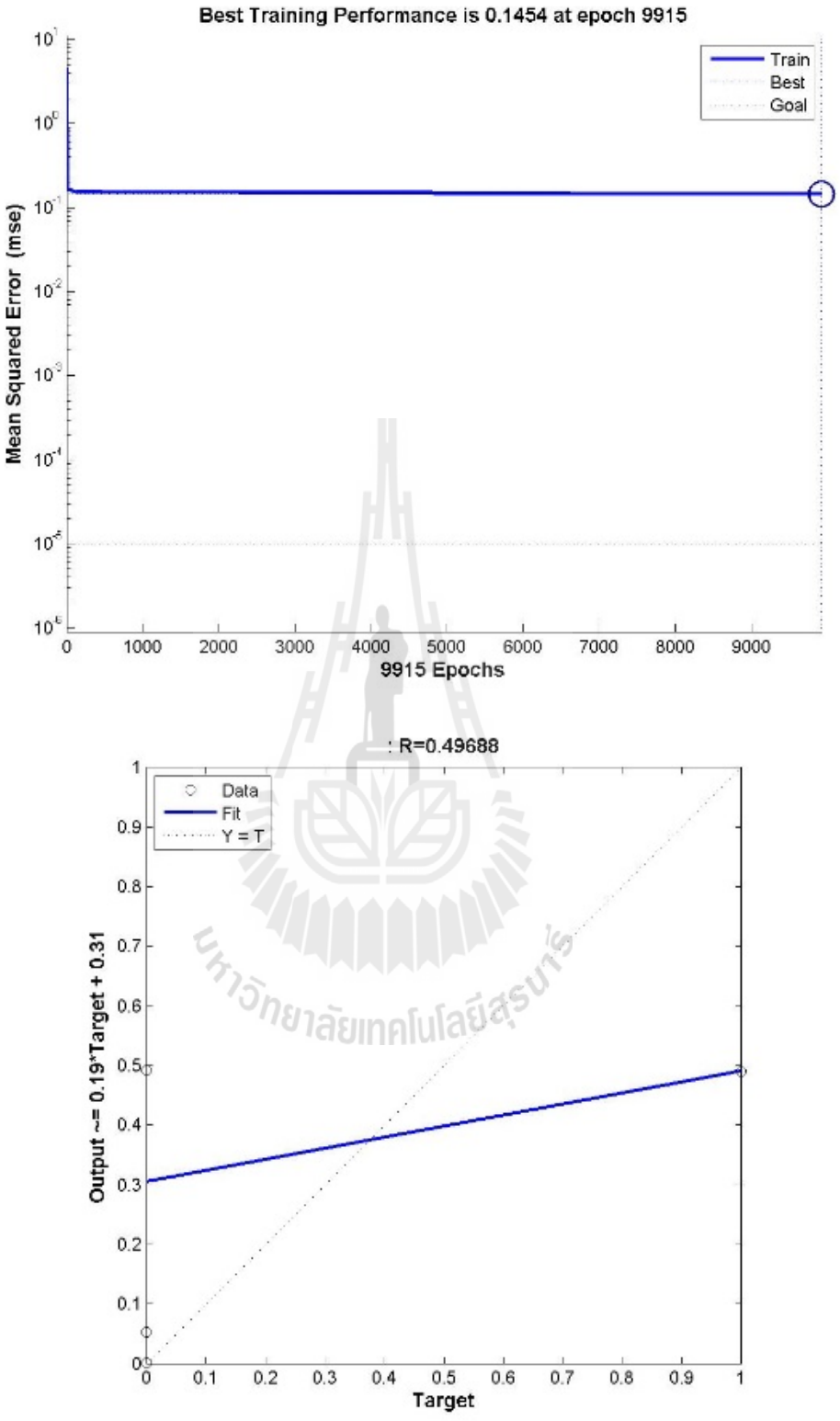
รูปที่ 4.50 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Logsig



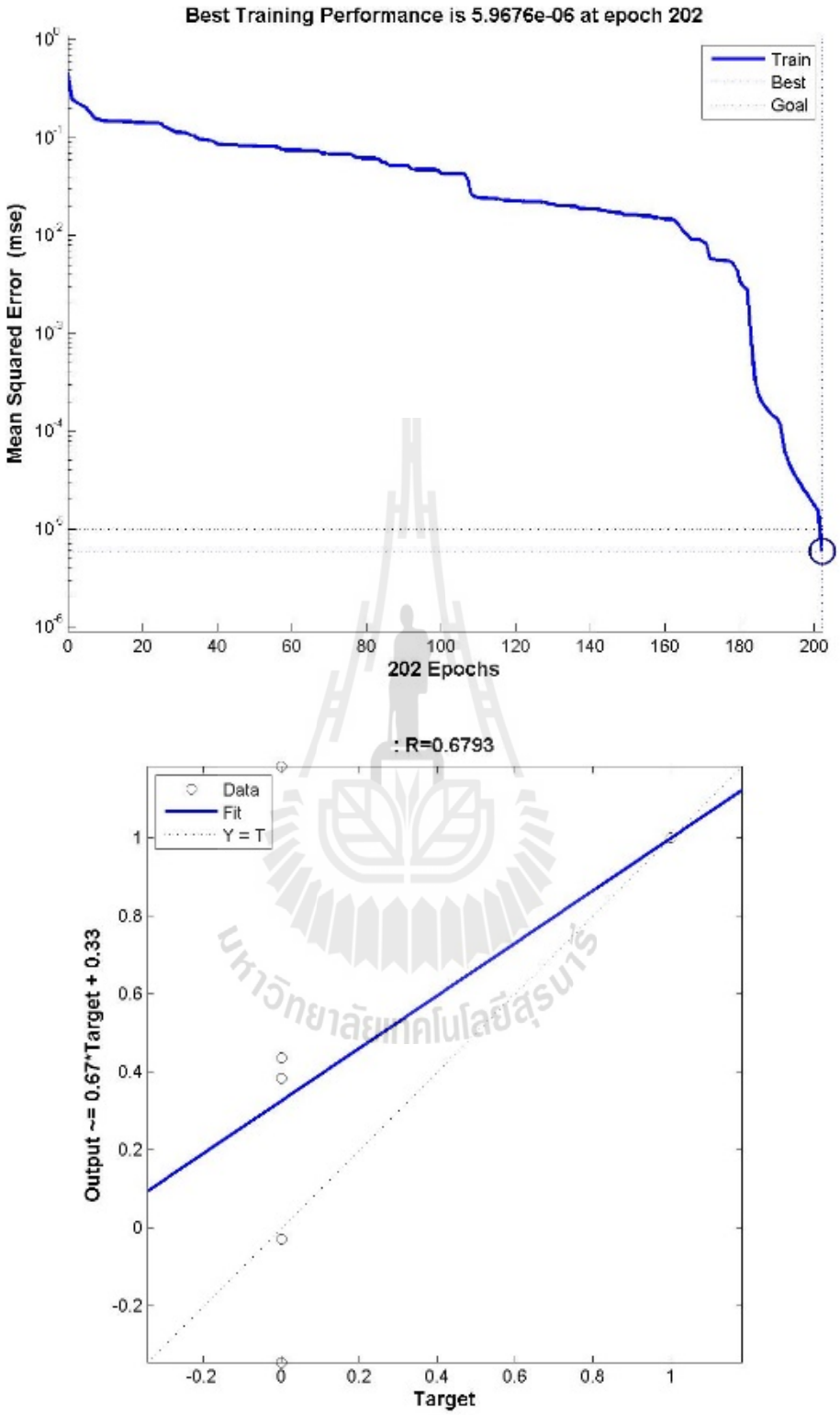
รูปที่ 4.51 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Logsig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig



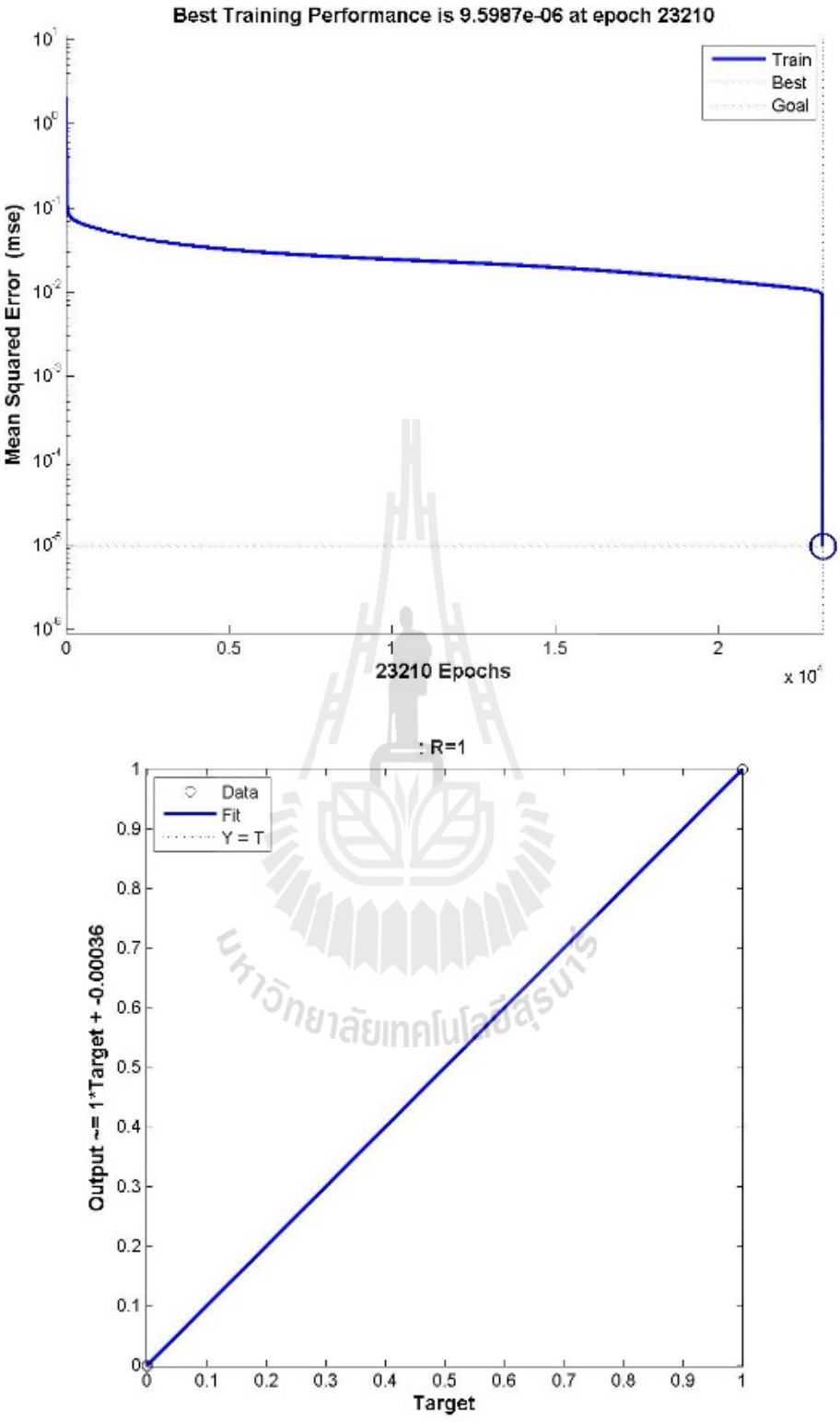
รูปที่ 4.52 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Logsig และชั้นที่ 3 เป็น Logsig



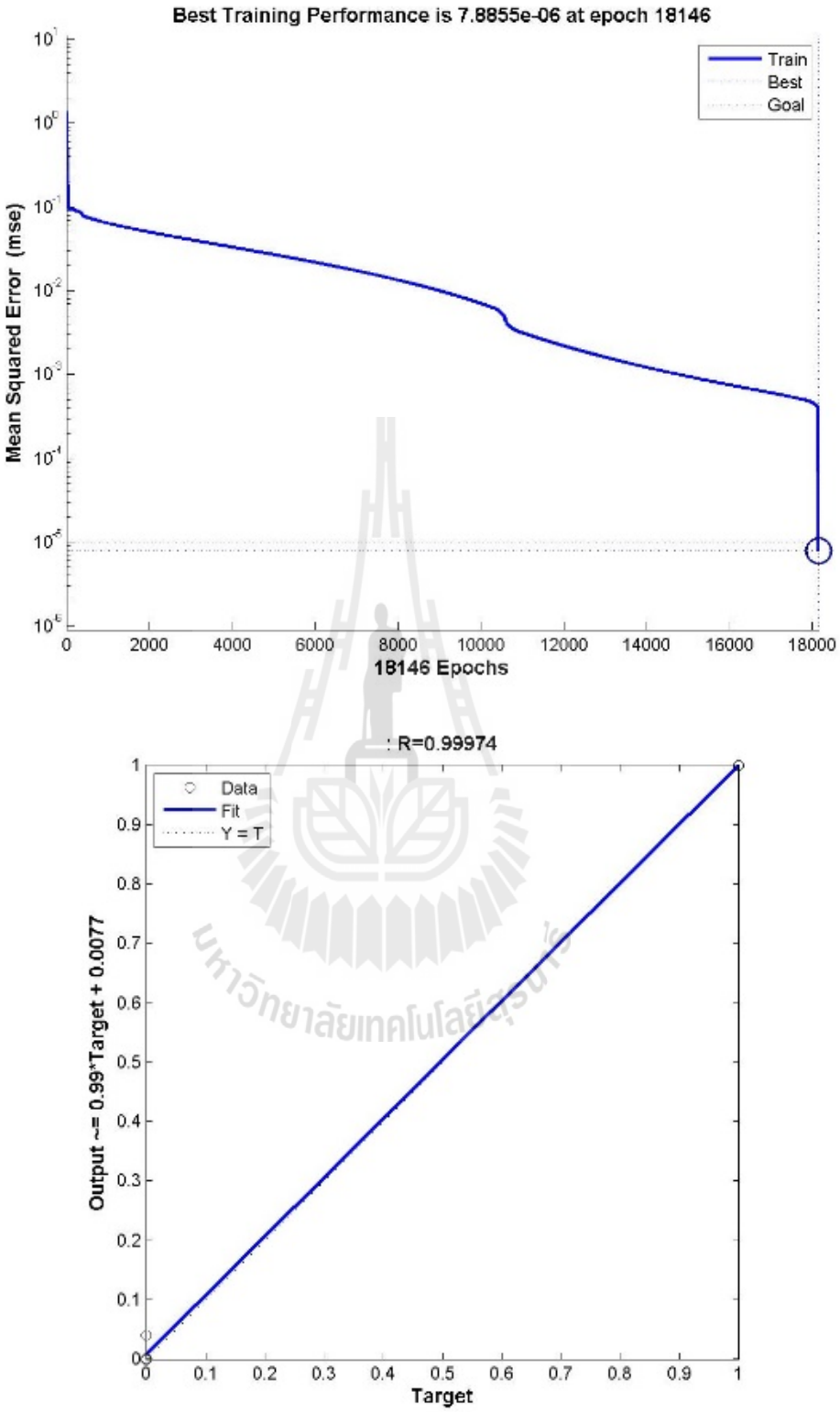
รูปที่ 4.53 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Logsig



รูปที่ 4.54 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Radbas ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Radbas



รูปที่ 4.55 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Radbas และชั้นที่ 3 เป็น Radbas



รูปที่ 4.56 การทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นซ่อนที่ 1 เป็น Tansig ชั้นที่ 2 เป็น Tansig และชั้นที่ 3 เป็น Radbas

จากรูปที่ 4.48 ถึงรูปที่ 4.56 เป็นการทดสอบโดยการสุ่มฟังก์ชั่น Logsig Tansig และ Radbas มาใช้ในการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอน ผลที่ได้คือมีฟังก์ชันถ่ายโอนหลายรูปแบบที่สามารถทำให้เครือข่ายประสาทเทียมมีค่า Performance ถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ แต่พบว่ามีรูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนบางรูปแบบแม้ว่าจะสามารถไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้แต่เมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในฝึกสอนผลปรากฏว่ามีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายทำให้เอาต์พุตที่ได้นั้นไม่ถูกต้อง

การทดสอบขั้นที่สามจึงได้ทำการสลับฟังก์ชั่นถ่ายโอนดังในตารางที่ 4.14 และทำการทดสอบในแต่ละรูปแบบจำนวน 3 ครั้งเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง และในตารางที่ 4.15 เป็นตารางผลการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบ ซึ่งมีการแสดงค่าของ Performance และ Regression จากการทดสอบแต่ละรูปแบบจำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.14 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee

ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim
Hardlims	Hardlims	Hardlims
Purelin	Purelin	Purelin
Poslin	Poslin	Poslin
Tansig	Tansig	Tansig
Radbas	Radbas	Radbas
Logsig	Logsig	Logsig
Logsig	Logsig	Tansig
Logsig	Logsig	Radbas
Logsig	Tansig	Logsig
Logsig	Radbas	Logsig
Tansig	Logsig	Logsig
Radbas	Logsig	Logsig

ตารางที่ 4.14 รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนที่สามของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee (ต่อ)

ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3
Logsig	Tansig	Tansig
Logsig	Radbas	Radbas
Tansig	Logsig	Tansig
Radbas	Logsig	Radbas
Tansig	Tansig	Logsig
Radbas	Radbas	Logsig
Tansig	Tansig	Radbas
Tansig	Radbas	Tansig
Radbas	Tansig	Tansig
Tansig	Radbas	Radbas
Radbas	Tansig	Radbas
Radbas	Radbas	Tansig

ตารางที่ 4.15 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ Zigbee

รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Hardlim	Hardlim	Hardlim	Performance	0.20408	0.20408	0.20408
			Regression	0	0	0
Hardlims	Hardlims	Hardlims	Performance	0.20408	0.20408	0.20408
			Regression	0	0	0

ตารางที่ 4.15 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ Zigbee (ต่อ)

รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Purelin	Purelin	Purelin	Performance	0.14093	0.14093	0.14093
			Regression	-0.47080	-0.44884	0.49762
Poslin	Poslin	Poslin	Performance	0.12856	0.13832	0.10863
			Regression	0.32941	-0.00209	-0.44270
Tansig	Tansig	Tansig	Performance	9.7484e-6	9.2873e-6	9.4321e-6
			Regression	0.79928	0.85479	0.87453
Radbas	Radbas	Radbas	Performance	6.5258e-6	3.4992e-6	8.7787e-6
			Regression	1	0.99810	0.88256
Logsig	Logsig	Logsig	Performance	8.2078e-6	0.20071	8.8020e-6
			Regression	0.99999	0.48339	0.99560
Logsig	Logsig	Tansig	Performance	7.6969e-6	8.8571e-6	9.8890e-6
			Regression	0.99999	0.99679	0.99998
Logsig	Logsig	Radbas	Performance	0.20408	3.7228e-6	9.9535e-6
			Regression	0.33333	0.53955	0.74493
Logsig	Tansig	Logsig	Performance	9.9487e-6	9.3690e-6	0.20408
			Regression	0.99986	0.99448	-0.33333
Logsig	Radbas	Logsig	Performance	8.9129e-6	3.9228e-6	9.8371e-5
			Regression	0.82950	0.69324	0.96931
Tansig	Logsig	Logsig	Performance	9.7260e-6	9.6790e-6	0.00207
			Regression	0.85357	0.99828	0.65213

ตารางที่ 4.15 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ Zigbee (ต่อ)

รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Radbas	Logsig	Logsig	Performance	0.20343	8.2561e-6	0.18182
			Regression	-0.50001	-0.35876	-1
Logsig	Tansig	Tansig	Performance	9.8519e-6	9.0538e-6	8.4126e-6
			Regression	0.95561	0.99969	0.81661
Logsig	Radbas	Radbas	Performance	9.4592e-6	1.7324e-6	8.5726e-6
			Regression	0.88031	0.99958	0.99998
Tansig	Logsig	Tansig	Performance	9.3792e-6	9.0156e-6	9.1586e-6
			Regression	0.87400	0.87757	0.42874
Radbas	Logsig	Radbas	Performance	0.17857	9.9623e-6	0.20071
			Regression	-1	0.95127	0.48339
Tansig	Tansig	Logsig	Performance	0.04664	9.3137e-6	0.20408
			Regression	0.90819	0.99994	-0.33333
Radbas	Radbas	Logsig	Performance	0.14504	0.09441	0.05716
			Regression	0.49688	-0.03839	-0.33333
Tansig	Tansig	Radbas	Performance	7.8855e-6	3.6212e-6	0.20708
			Regression	0.99974	0.98960	0.48339
Tansig	Radbas	Tansig	Performance	4.5494e-6	9.8286e-6	9.9623e-6
			Regression	0.53279	0.99907	0.95127
Radbas	Tansig	Tansig	Performance	0.08763	0.20408	0.20408
			Regression	-0.35610	0	0

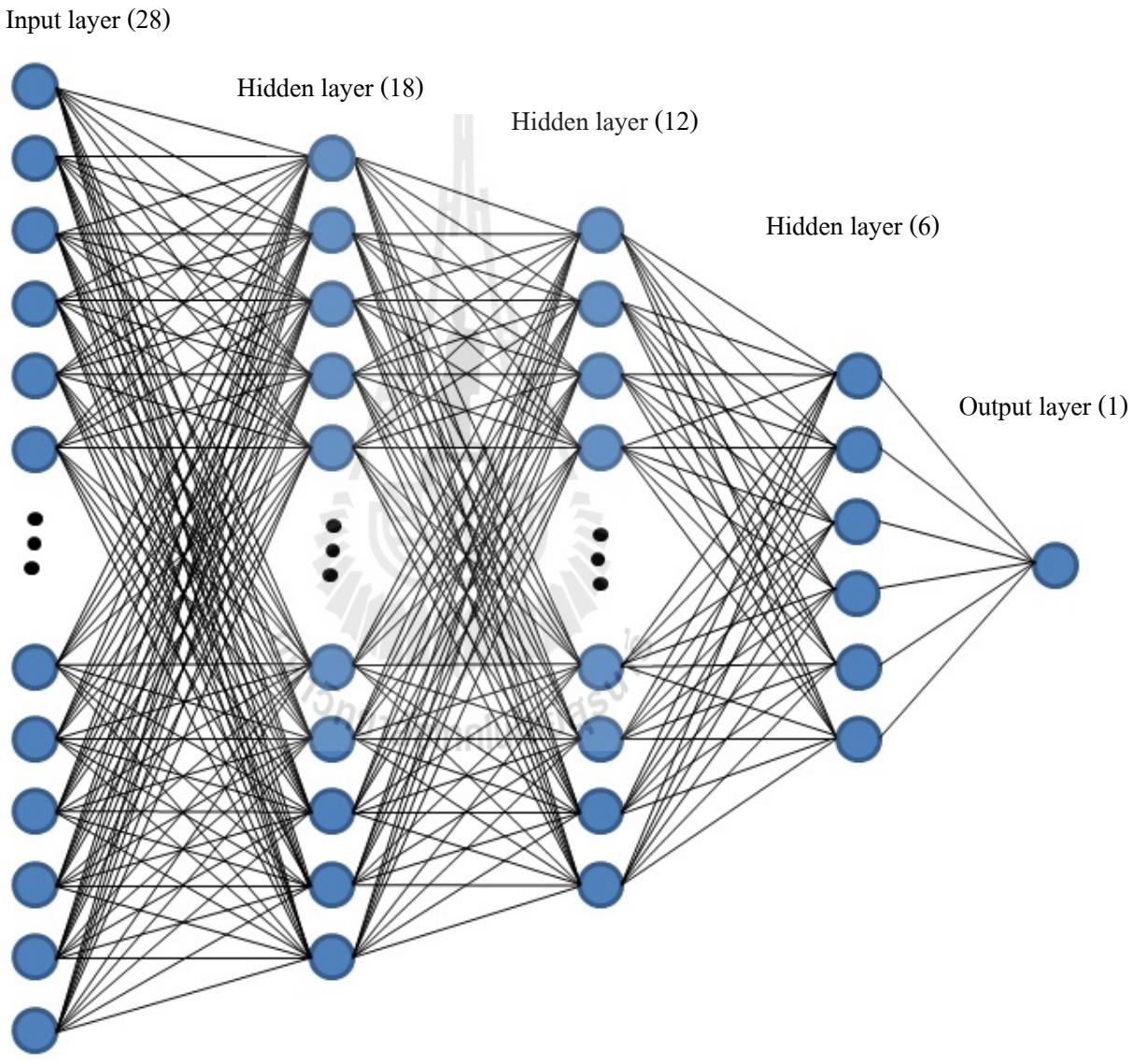
ตารางที่ 4.15 การทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของการทำงานของ Zigbee (ต่อ)

รูปแบบฟังก์ชันถ่ายโอน			ผลการทดสอบเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน			
ชั้นซ่อนที่ 1	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 3	ผลการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Tansig	Radbas	Radbas	Performance	8.2366e-6	9.5987e-6	9.6293e-6
			Regression	0.93820	1	0.98266
Radbas	Tansig	Radbas	Performance	5.9676e-6	0.18076	3.1876e-6
			Regression	0.67930	-1	0.86431
Radbas	Radbas	Tansig	Performance	8.3289e-6	0.05716	0.10650
			Regression	0.85949	-0.24782	-1

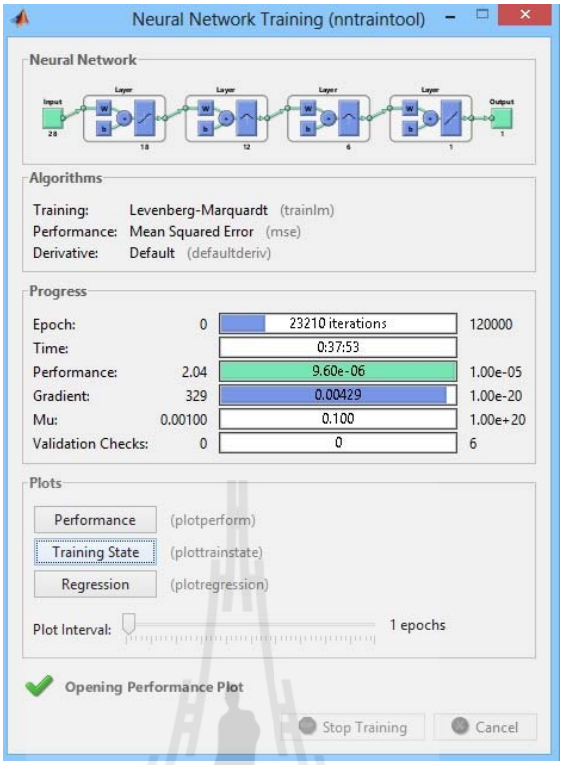
ผลที่ได้จากการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชั่นถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ Zigbee ดังตารางที่ 4.15 ซึ่งเป้าหมายของการทดสอบคือการหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สามารถให้เอาต์พุตที่ถูกต้องเมื่อใช้งานกับทั้งข้อมูลที่ได้รับการฝึกสอนและข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน สำหรับผลที่ออกมามีทั้งรูปแบบที่สามารถฝึกสอนจนได้ Performance ตามที่ต้องการ และรูปแบบที่ไม่สามารถฝึกสอนให้ได้ Performance ที่ตั้งไว้ หรือเป็นรูปแบบที่ฝึกสอนได้ถึง Performance ที่ตั้งไว้แต่มีกราฟของ Regression ที่ออกมาไม่ตรงกับเป้าหมายทำให้เอาต์พุตที่ได้นั้นไม่ถูกต้องเมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน จึงทำการเลือกฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากว่าในการฝึกสอน 3 ครั้ง สามารถฝึกสอนจนได้ Performance ตามที่ต้องการได้ทั้ง 3 ครั้ง และมีกราฟของ Regression ที่ออกมาเข้าใกล้ 1 ทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งฟังก์ชันถ่ายโอนที่เลือกมีรายละเอียดดังนี้ ที่ชั้นแรกมีฟังก์ชันถ่ายโอนคือ Tansig และชั้นที่ 2 มีฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ใช้คือ Radbas และชั้นที่ 3 มีฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ใช้คือ Radbas

ส่วนของชั้นเอาต์พุตมี 1 เอาต์พุต ฟังก์ชันถ่ายโอนคือ Purelin เอาต์พุตที่ได้คือค่าที่เครือข่ายประสาทเทียมแสดงว่าชุดข้อมูลอินพุตที่เข้ามามีความผิดปกติหรือไม่ โดยใช้ค่า 01 แทนชุดข้อมูลปกติ และค่า 00 แทนชุดข้อมูลผิดปกติ รูปที่ 4.57 แสดงแผนภาพของเครือข่าย

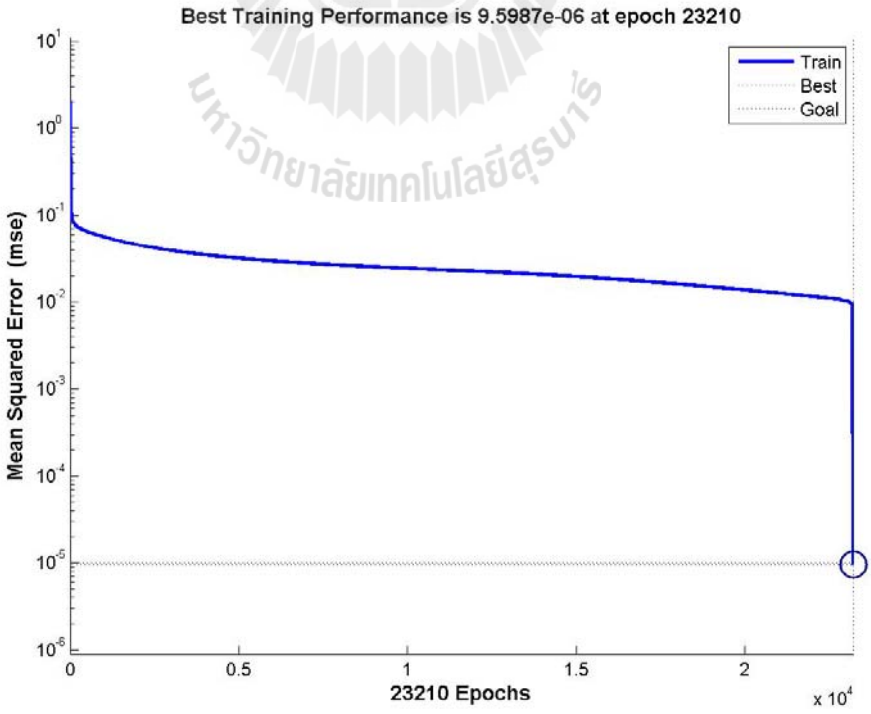
ประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ Zigbee ซึ่งหลังจากการออกแบบและฝึกสอนโดยใช้คำสั่ง train ของโปรแกรม Matlab แล้วได้ผลการฝึกสอนดังรูปที่ 4.58 และมีกราฟของ Performance กราฟของ Gradient Mu Validation Checks กราฟของ Regression จากการฝึกสอน และกราฟของ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนในในรูปที่ 4.59 ถึงรูปที่ 4.62 ตามลำดับ



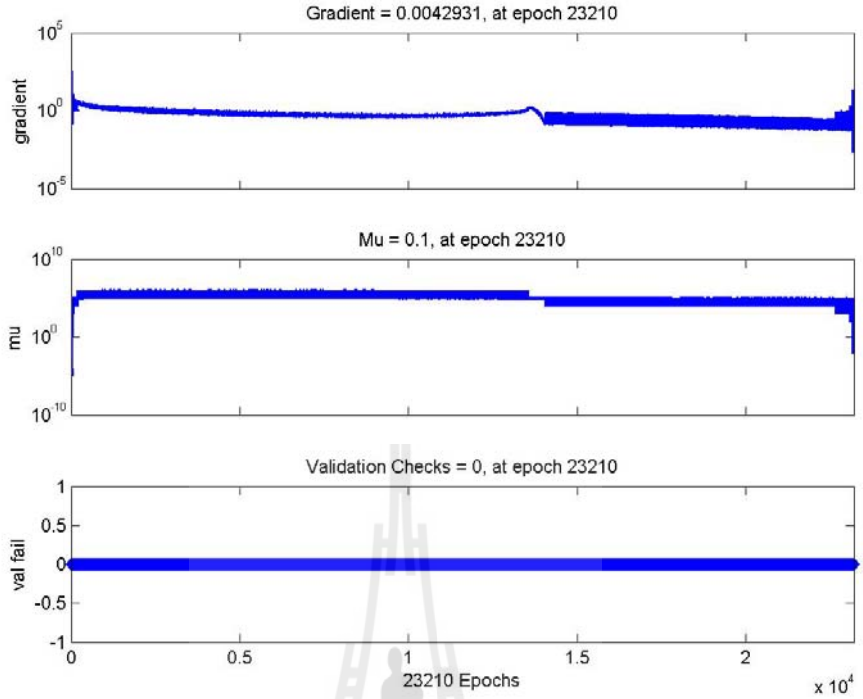
รูปที่ 4.57 แผนภาพเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee



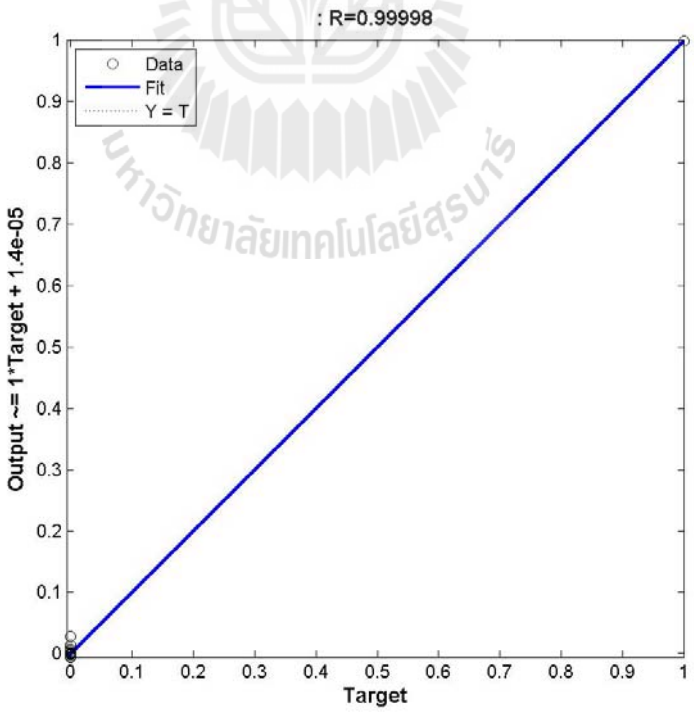
รูปที่ 4.58 การฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม



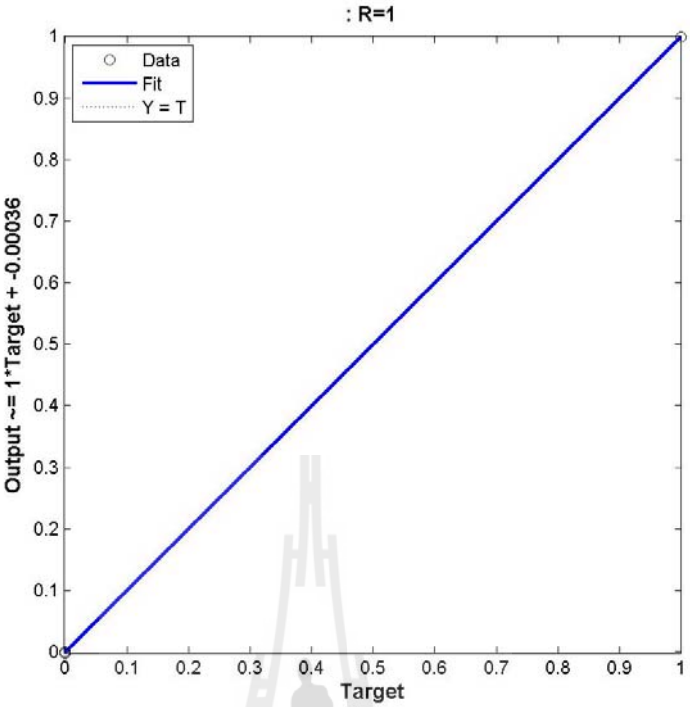
รูปที่ 4.59 กราฟ Performance ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.60 กราฟ Gradient Mu และ Validation Checks ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.61 กราฟ Regression ของการฝึกสอน



รูปที่ 4.62 กราฟ Regression เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอน

4.4 การสร้างระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด

ระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. ติดตั้งแท็กส์เฉพาะไว้ที่รถที่ใช้ในการตรวจสอบ (Checker)

2. ติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวซึ่งมีโปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมเข้ากับรถที่ใช้ในการตรวจสอบ

3. เชื่อมต่อระบบสื่อสารไร้สายของ Zigbee เข้ากับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลจากสมาร์ทโหนด

4. เมื่อรถที่มี Checker เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด สมาร์ทโหนดจะพบว่าเป็นแท็กส์เฉพาะที่ใช้ในการตรวจสอบ

5. สมาร์ทโหนดทำการเก็บรวบรวมค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ภายในสมาร์ทโหนด

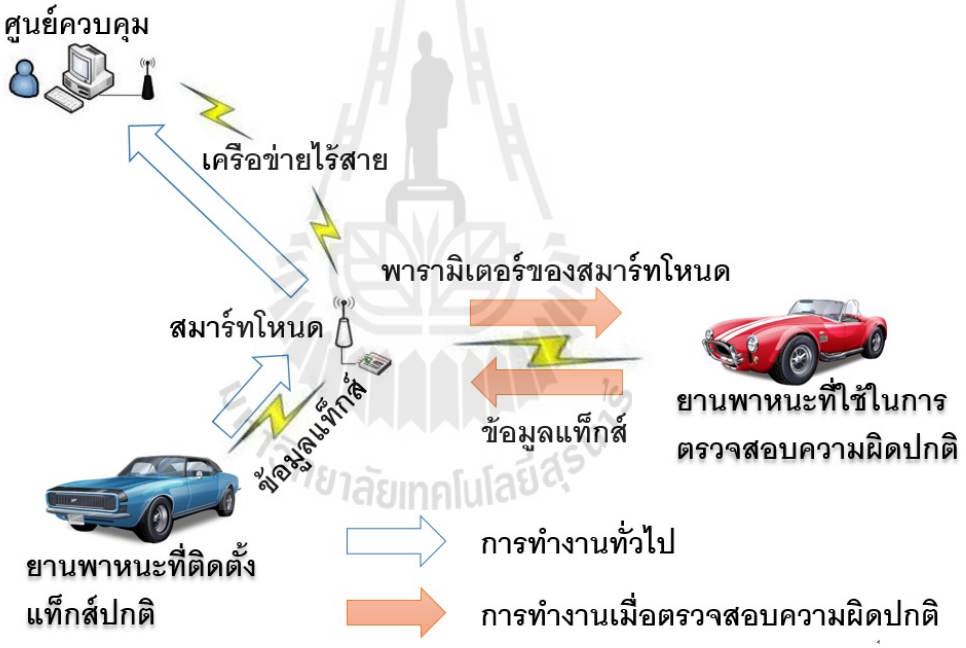
6. สมาร์ทโหนดทำการเปลี่ยนเป้าหมายการส่งข้อมูลของเครือข่ายไร้สาย Zigbee มายังอุปกรณ์ Zigbee ที่ติดตั้งอยู่ใน Checker

7. สมาร์ทโหนดส่งค่าพารามิเตอร์ของสมาร์ทโหนดให้กับ Checker

8. สมาร์ทโหนดทำการเปลี่ยนเป้าหมายการส่งข้อมูลไปยังศูนย์ควบคุมดังเดิม

9. เมื่อ Checker ได้รับค่าพารามิเตอร์ Checker จะใช้เครือข่ายประสาทเทียมช่วยในการตรวจสอบ และแจ้งผลการตรวจสอบออกทางจอแสดงผล

ระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ส่วนนี้คือบอร์ด ARM9 SAMSUNG S3C2440 ของ FriendlyARM ซึ่งสามารถเชื่อมต่อพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 ได้จำนวน 3 ช่อง สามารถเชื่อมพอร์ตสื่อสารแบบ USB ได้จำนวน 4 ช่อง และมีหน้าจอแสดงผลขนาด 7 นิ้ว แบบ TFT ระบบปฏิบัติการที่ใช้คือ Windows CE 6.0 ในส่วนของโปรแกรมใช้ VB (Visual Basic) ในการเขียนระบบสมองกลฝังตัวนั้นจะมีการต่อเข้ากับอุปกรณ์ของเครือข่ายไร้สาย Zigbee ผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรมเพื่อใช้ในการรับข้อมูลที่ส่งจากสมาร์ทโหนด ซึ่งรูปที่ 4.63 เป็นแผนภาพแสดงการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด และรูปที่ 4.64 เป็นภาพของระบบสมองกลฝังตัวที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ของเครือข่ายไร้สาย Zigbee



รูปที่ 4.63 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด

รูปที่ 4.64 ระบบสมองกลฝังตัวที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ของเครือข่ายไร้สาย Zigbee

จากที่ได้ทำการออกแบบและฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมทั้ง 3 เครือข่ายแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการดึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครือข่ายประสาทเทียมออกมาจากโปรแกรม MATLAB สำหรับนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วย VB ซึ่งพารามิเตอร์ของเครือข่ายประสาทเทียมจะประกอบไปด้วย ค่าน้ำหนักประสาทของอินพุต เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนทั้ง 3 ชั้น และค่า bias ของทั้ง 4 ชั้น (ชั้นซ่อน 3 ชั้น และชั้นเอาต์พุต) โดยใช้คำสั่งต่อไปนี้

```
IW = net.IW{1}
L1W = net.LW{2,1}
L2W = net.LW{3,2}
L3W = net.LW{4,3}
b1 = net.b{1}
b2 = net.b{2}
b3 = net.b{3}
b4 = net.b{4}
```

ผลที่ได้ออกมาคือค่าพารามิเตอร์ของเครือข่ายประสาทเทียม ซึ่งมีรายละเอียดค่าพารามิเตอร์จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามตารางที่ 4.16 และค่าพารามิเตอร์จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID ตามตารางที่ 4.17 และค่าพารามิเตอร์ของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee ตามตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.16 ค่าพารามิเตอร์จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์

ชื่อพารามิเตอร์	ชนิดและลักษณะของพารามิเตอร์
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นอินพุต (IW)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนอินพุต × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 1 คือ 13 × 18
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 1 (L1W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 1 × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 2 คือ 18 × 12
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 2 (L2W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 2 × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 3 คือ 12 × 6
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 3 (L3W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 3 × จำนวนเอาต์พุต คือ 6 × 1
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 1 (b1)	มีทั้งหมด 18 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 2 (b2)	มีทั้งหมด 12 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 3 (b3)	มีทั้งหมด 6 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นเอาต์พุต (b4)	มีทั้งหมด 1 ค่า ตามจำนวนของเอาต์พุต

ตารางที่ 4.17 ค่าพารามิเตอร์จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID

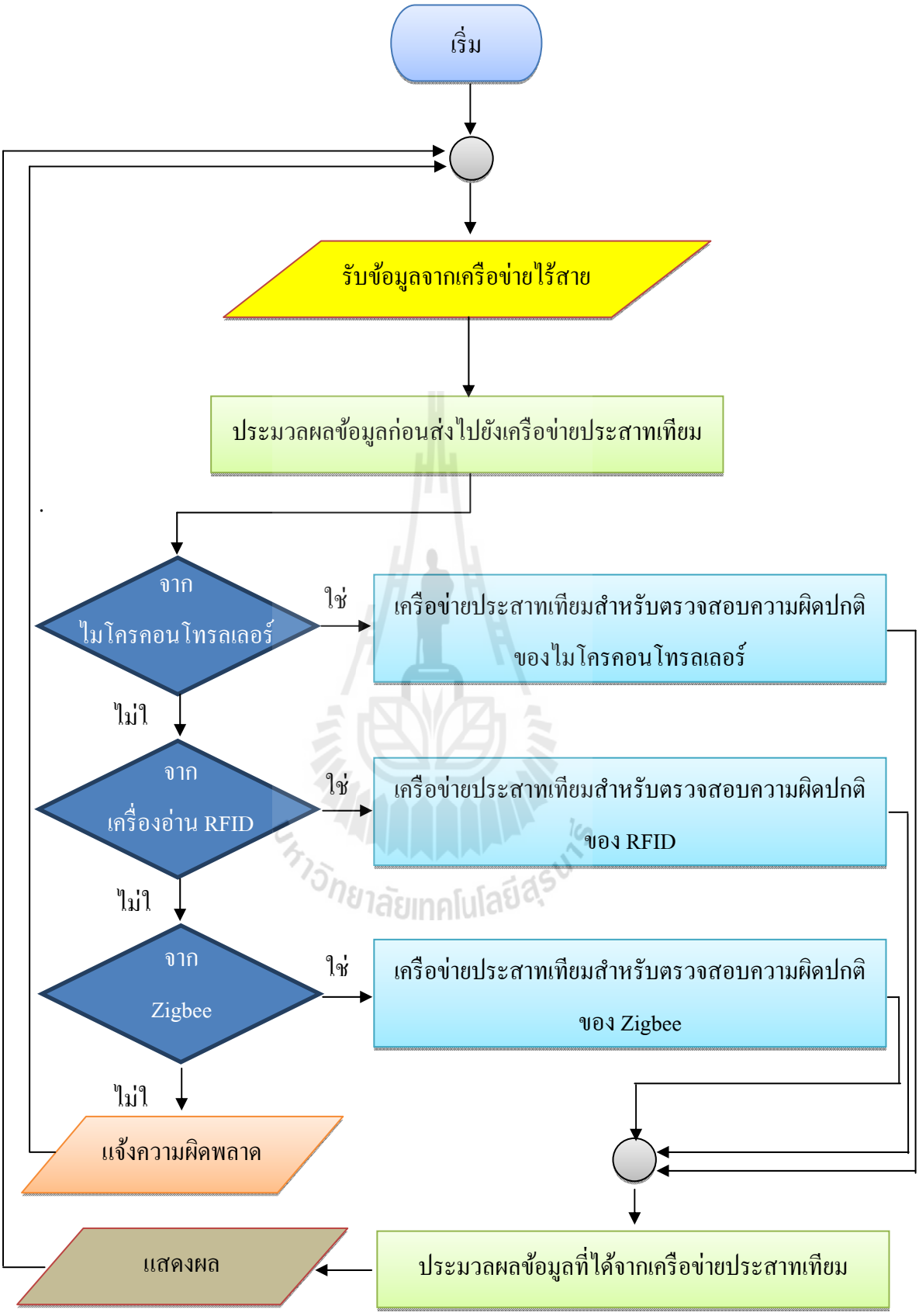
ชื่อพารามิเตอร์	ชนิดและลักษณะของพารามิเตอร์
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นอินพุต (IW)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนอินพุต × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 1 คือ 12 × 18
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 1 (L1W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 1 × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 2 คือ 18 × 12
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 2 (L2W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 2 × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 3 คือ 12 × 6
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 3 (L3W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 3 × จำนวนเอาต์พุต คือ 6 × 1
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 1 (b1)	มีทั้งหมด 18 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 2 (b2)	มีทั้งหมด 12 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 3 (b3)	มีทั้งหมด 6 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นเอาต์พุต (b4)	มีทั้งหมด 1 ค่า ตามจำนวนของเอาต์พุต

ตารางที่ 4.18 ค่าพารามิเตอร์จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee

ชื่อพารามิเตอร์	ชนิดและลักษณะของพารามิเตอร์
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นอินพุต (IW)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนอินพุต × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 1 คือ 28 × 18
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 1 (L1W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 1 × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 2 คือ 18 × 12
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 2 (L2W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 2 × จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 3 คือ 12 × 6
เมตริกซ์ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อนชั้นที่ 3 (L3W)	เป็นเมตริกซ์ ขนาดเท่ากับ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 3 × จำนวนเอาต์พุต คือ 6 × 1
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 1 (b1)	มีทั้งหมด 18 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 2 (b2)	มีทั้งหมด 12 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นซ่อนชั้นที่ 3 (b3)	มีทั้งหมด 6 ค่า ตามจำนวนของนิวรอนในชั้นซ่อน
ค่า bias ของชั้นเอาต์พุต (b4)	มีทั้งหมด 1 ค่า ตามจำนวนของเอาต์พุต

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครือข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนมาแล้ว จึงนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านั้นไปใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานด้วยระบบสมองกลฝังตัวด้วย VB โดยมีแผนผังการทำงานดังรูปที่ 4.65

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



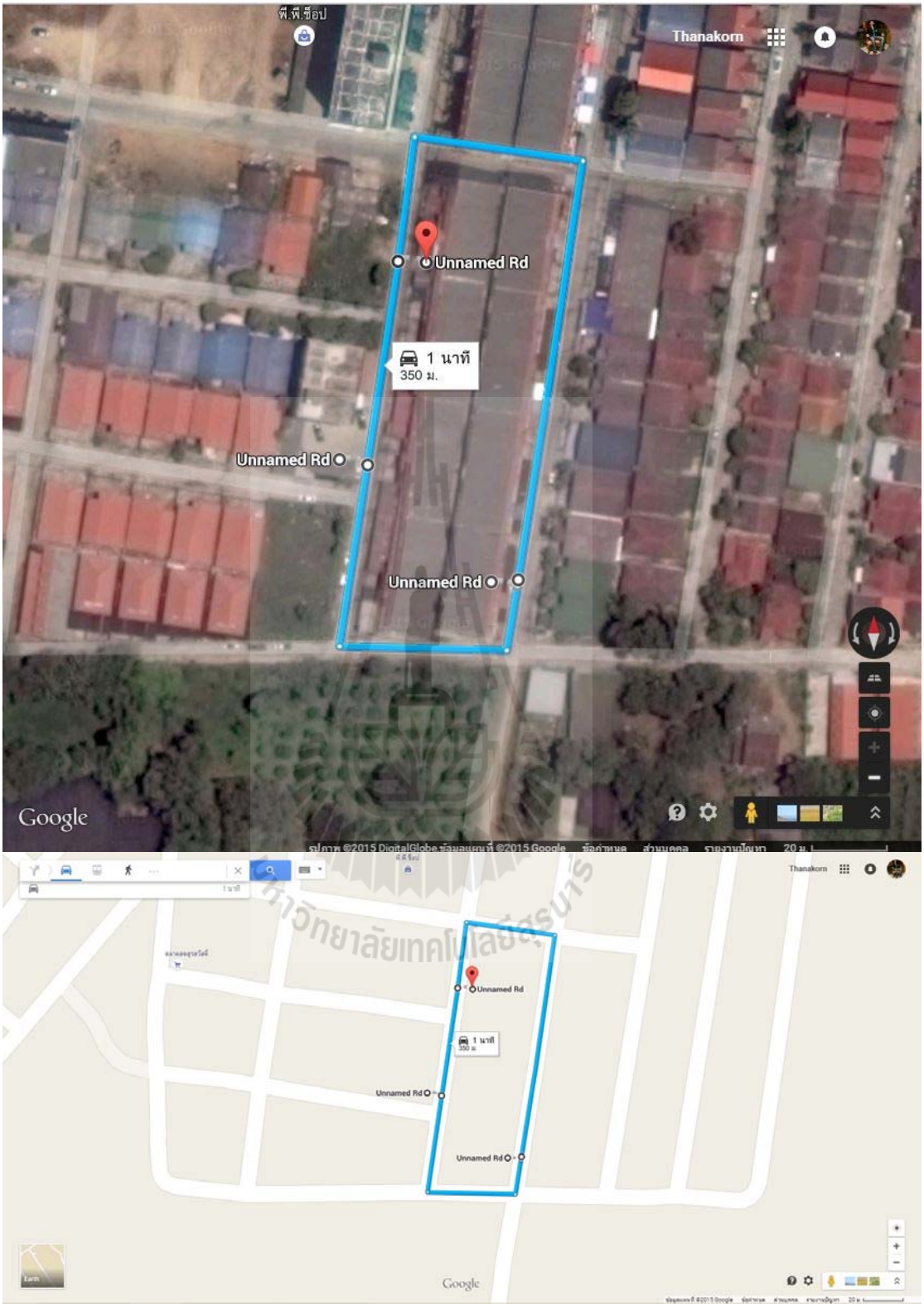
รูปที่ 4.65 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติ

4.5 ผลการทดสอบ

จากที่ได้ทำการออกแบบระบบเครือข่ายประสาทเทียมและนำมาประยุกต์ใช้กับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติในอุปกรณ์หลัก 3 อย่างของสมาร์ทโหนดที่ติดตั้งไว้ตามจุดต่าง ๆ ในเส้นทางการเดินทาง เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการตรวจสอบสมาร์ทโหนด ซึ่งระบบตรวจสอบความผิดปกติที่ได้สร้างขึ้นนี้เพียงแค่ติดตั้งไว้ที่รถยนต์ที่จะใช้ในการตรวจสอบ แล้วเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด ก็จะสามารถทราบได้ทันทีว่าอุปกรณ์ในสมาร์ทโหนดนั้นทำงานได้ปกติดีหรือไม่

สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบคือ หมู่บ้านสุรสวัสดิ์ หน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีจุดติดตั้งสมาร์ทโหนดและเส้นทางในการทดสอบดังรูปที่ 4.66 และรูปที่ 4.67 เป็นสมาร์ทโหนดที่ติดตั้งไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.66 แผนที่เส้นทางในการทดสอบ

รูปที่ 4.67 สมาร์ทโหนด

4.5.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดไว้ที่รถยนต์ที่จะใช้ในการตรวจสอบ ดังรูปที่ 4.68 เป็นภาพถ่ายระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดที่อยู่ภายในรถยนต์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

2. ติดตั้งแท็กส์เฉพาะเข้ากับรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ ดังรูปที่ 4.69 เป็นภาพแท็กส์ที่ติดตั้งอยู่กับรถยนต์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

3. ทำการเปิดโปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดที่ติดตั้งอยู่กับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อรอรับข้อมูลจากสมาร์ทโหนด ดังรูปที่ 4.70 คือภาพที่แสดงทางจอแสดงผลของระบบสมองกลฝังตัวเมื่อโปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติพร้อมรับข้อมูลจากสมาร์ทโหนดแล้ว

4. นำ Checker เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด

5. เก็บรวบรวมผลการตรวจสอบ

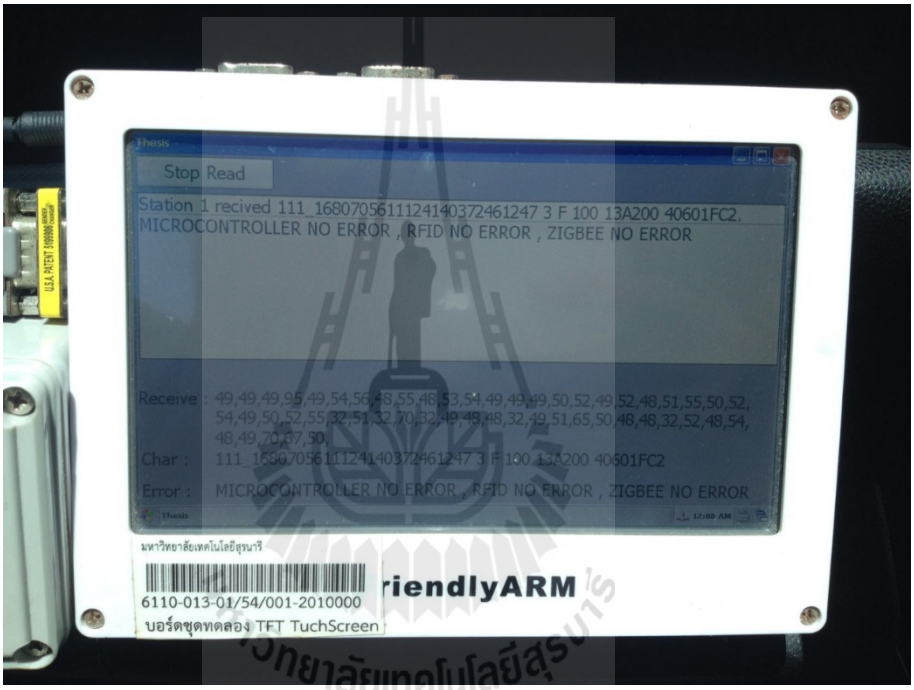
รูปที่ 4.68 ระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดที่ติดตั้งภายในรถยนต์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

รูปที่ 4.69 แท็กส์ที่ติดตั้งอยู่กับรถยนต์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

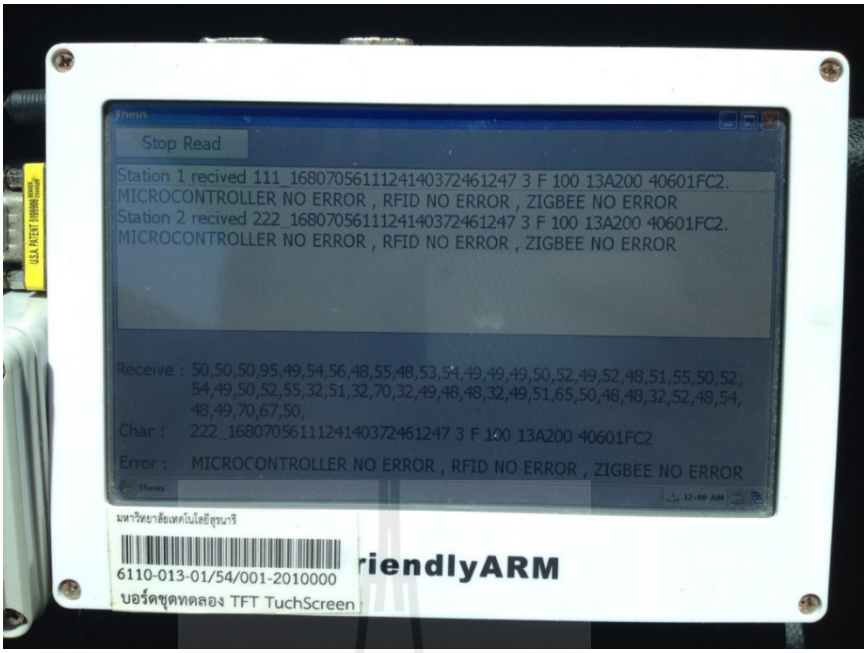
รูปที่ 4.70 โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดพร้อมรับข้อมูลจากสมาร์ทโหนด

4.5.2 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนด เมื่อนำ Checker เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด พบว่าโปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดสามารถรับค่าข้อมูลของพารามิเตอร์ที่ส่งมาจากสมาร์ทโหนดได้ดังรูปที่ 4.71 ในรูปที่ 4.72 และรูปที่ 4.73 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อทำการทดสอบเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดหลายจุด และเมื่อทดสอบโดยการนำ Checker เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางการทดสอบจำนวน 5 รอบ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.19



รูปที่ 4.71 โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อได้รับค่าพารามิเตอร์จากสมาร์ทโหนด



รูปที่ 4.72 โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อได้รับค่าพารามิเตอร์จากสมาร์ทโหนด 2 จุด กรณีไม่มีความผิดพลาด

รูปที่ 4.73 โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อได้รับค่าพารามิเตอร์จากสมาร์ทโหนดหลายจุด กรณีไม่มีความผิดพลาด

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนด

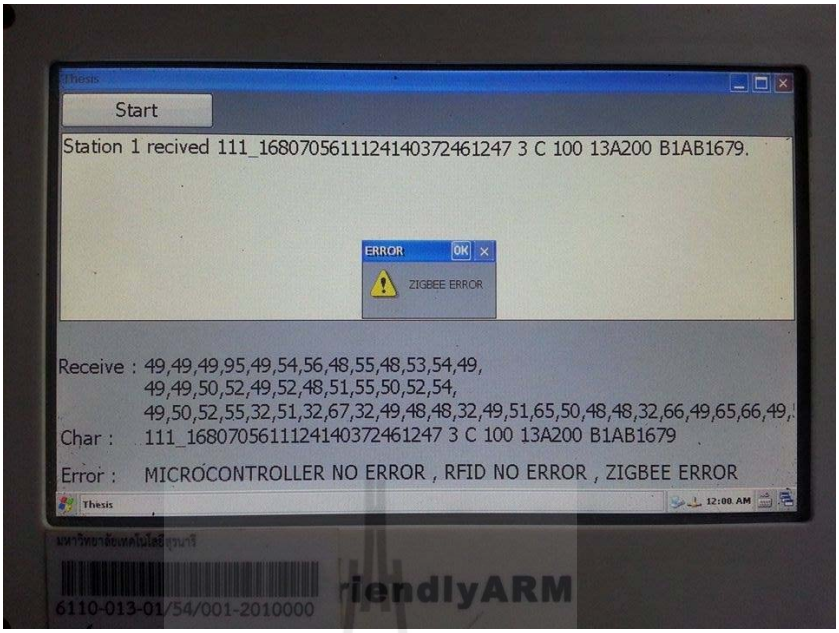
รอบที่	ข้อมูลจากสมาร์ทโหนด	ผลจากเครือข่ายประสาทเทียม		
		สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	สำหรับ RFID	สำหรับ Zigbee
1	111_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	222_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	333_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
2	111_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	222_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	333_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
3	111_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	222_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	333_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
4	111_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	222_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	333_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนด (ต่อ)

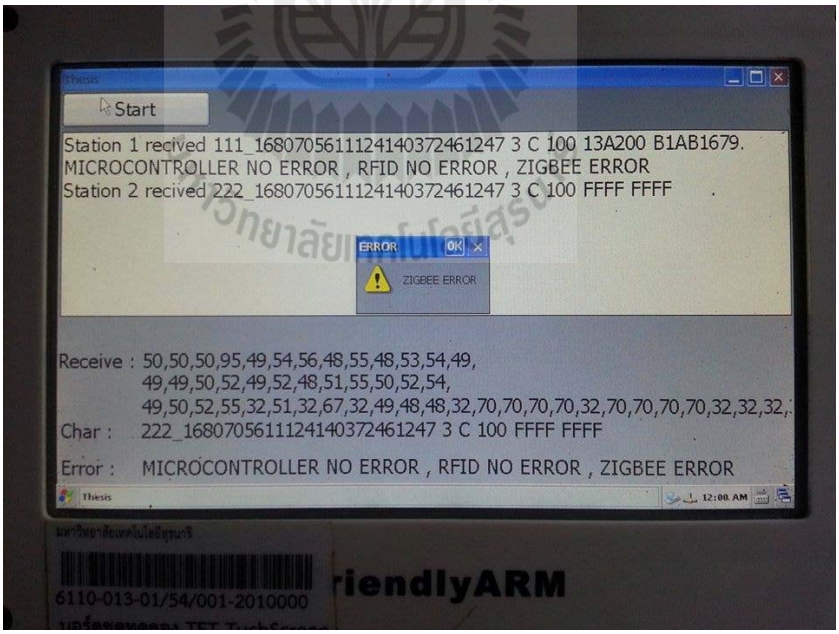
รอบที่	ข้อมูลจากสมาร์ทโหนด	ผลจากเครือข่ายประสาทเทียม		
		สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	สำหรับ RFID	สำหรับ Zigbee
5	111_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	222_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
	333_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error

จากตารางที่ 4.19 ซึ่งเป็นผลการทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดซึ่งพบว่าโปรแกรมสามารถรับข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ส่งมาจากสมาร์ทโหนด และสามารถนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลโดยการใช้เครือข่ายประสาทเทียมในการตรวจสอบความผิดปกติได้

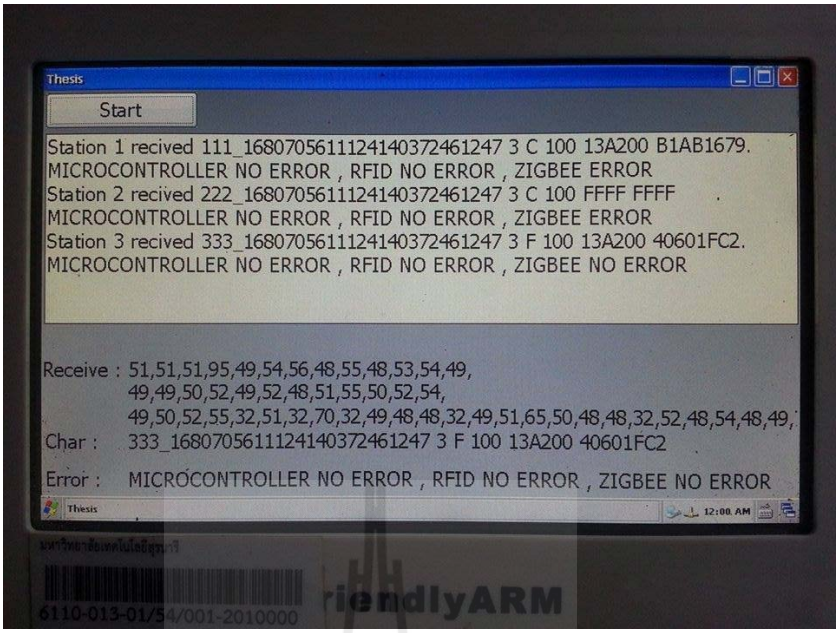
จากการทดสอบพบว่าไม่มีกรณีที่พบความผิดปกติของสมาร์ทโหนด ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์จึงได้ทำการทดสอบโดยการเปลี่ยน Zigbee ที่ติดตั้งในสมาร์ทโหนดของสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 เพื่อทดสอบว่าเครือข่ายประสาทเทียมสามารถรับรู้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งถ้าระบบทำงานได้อย่างถูกต้องระบบจะต้องสามารถตรวจจับความผิดพลาดจากการเปลี่ยน Zigbee ในครั้งนี้ได้ ผลการทดสอบเมื่อมีการปรับเปลี่ยน Zigbee ใหม่ แสดงดังรูปที่ 4.74 ถึงรูปที่ 4.77 และแสดงในตารางที่ 4.20



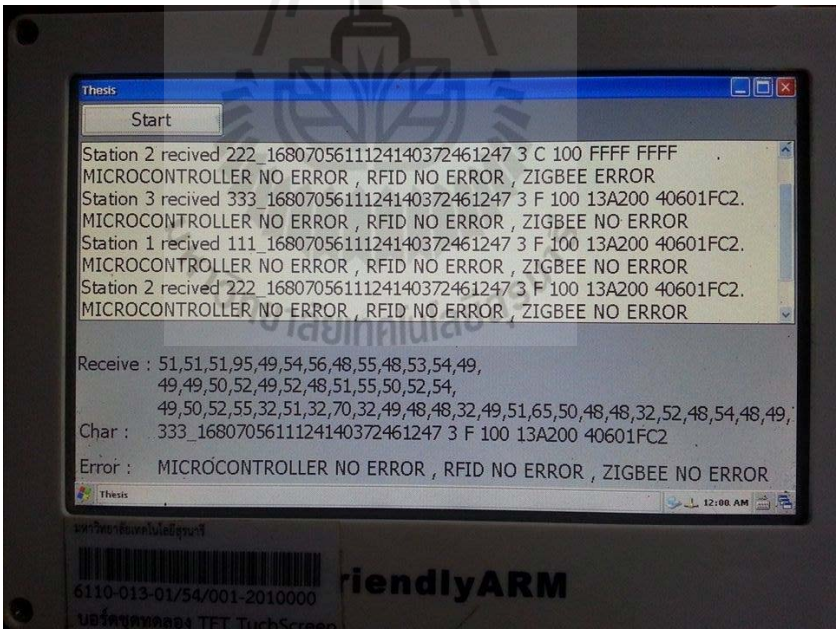
รูปที่ 4.74 การแจ้งเตือนความผิดปกติของสมาร์ทโหนดกรณี Zigbee ในสมาร์ทโหนดของสถานีที่ 1 ผิดปกติ



รูปที่ 4.75 การแจ้งเตือนความผิดปกติของสมาร์ทโหนดกรณี Zigbee ในสมาร์ทโหนดของสถานีที่ 2 ผิดปกติ



รูปที่ 4.76 การแจ้งเตือนความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อผ่านสถานีที่ 3



รูปที่ 4.77 การแจ้งเตือนความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อผ่านสถานีที่ 1 และ 2 อีกครั้ง

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดเมื่อเปลี่ยน Zigbee ที่ติดตั้งในสมาร์ทโหนด

สถานี	ข้อมูลจากสมาร์ทโหนด	ผลจากเครือข่ายประสาทเทียม		
		สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	สำหรับ RFID	สำหรับ Zigbee
1	111_168070561112414037246 1247 3 C 100 13A200 B1AB1679	No error	No error	Error
2	222_168070561112414037246 1247 3 C 100 FFFF FFFF	No error	No error	Error
3	333_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
1	111_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
2	222_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error
3	333_168070561112414037246 1247 3 F 100 13A200 40601FC2	No error	No error	No error

จากตารางที่ 4.20 พบว่าเมื่อทำการเปลี่ยน Zigbee ที่ติดตั้งในสมาร์ทโหนดของสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 เครือข่ายประสาทเทียมสามารถแจ้งเตือนความผิดปกติได้อย่างถูกต้อง และจากการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการเปลี่ยนแปลงเป้าหมายการส่งของ Zigbee ในสมาร์ทโหนดมายัง Zigbee ที่ติดตั้งอยู่กับระบบตรวจสอบความผิดปกติและเมื่อส่งข้อมูลเสร็จไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการเปลี่ยนแปลงเป้าหมายการส่งของ Zigbee ในสมาร์ทโหนดไปยังศูนย์ควบคุม ทำให้เมื่อตรวจสอบอีกครั้งพบว่า Zigbee ทำงานได้อย่างปกติ

4.6 สรุป

ในบทนี้เป็นการสร้างระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดโดยประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในการควบคุมการทำงานและเพิ่มความชาญฉลาดของระบบด้วยเทคนิกทางปัญญาประดิษฐ์ในระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด มีการออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมจำนวน 3 เครือข่าย เพื่อใช้ตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ RFID และอุปกรณ์ Zigbee

ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ได้ทำการทดสอบเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเพื่อที่จะหาฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ทำให้เครือข่ายประสาทเทียมมีค่าประสิทธิภาพตามที่ต้องการโดยเลือกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมดังนี้

ฟังก์ชันถ่ายโอนของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับใช้ตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชั้นแรกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน Radbas (Radial basis) ชั้นที่ 2 ใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Logsig (Log-sigmoid) ชั้นที่ 3 ใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Logsig และชั้นเอาต์พุตมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin (Linear)

ฟังก์ชันถ่ายโอนของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับใช้ในตรวจสอบความผิดปกติของ RFID ที่ชั้นแรกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน Tansig (Hyperbolic tangent sigmoid) ชั้นที่ 2 ใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Tansig ชั้นที่ 3 ใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Tansig และชั้นเอาต์พุตมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin

ฟังก์ชันถ่ายโอนของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับใช้ในตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee ที่ชั้นแรกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน Tansig และชั้นที่ 2 ใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Radbas และชั้นที่ 3 ใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน Radbas และชั้นเอาต์พุตมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น Purelin

จากการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมทั้ง 3 เครือข่าย พบว่าเมื่อทำการทดสอบโดยใช้อินพุตที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมสามารถให้เอาต์พุตที่ถูกต้องได้

และเมื่อนำเครือข่ายประสาทเทียมทั้ง 3 เครือข่ายมาประยุกต์ใช้กับระบบสมองกลฝังตัวโดยการดึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครือข่ายซึ่งประกอบไปด้วย ค่าน้ำหนักประสาทของอินพุต ค่าน้ำหนักประสาทของชั้นซ่อน และค่า bias ของแต่ละชั้น และนำค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นมาเขียนโปรแกรมด้วย VB ลงในระบบสมองกลฝังตัวพบว่าระบบตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้มีการนำเสนอระบบการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุและระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดโดยมีบทสรุปดังนี้

5.1.1 ระบบระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

1) ได้ทำการออกแบบระบบติดตามและระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าที่กำลังเดินทางว่าอยู่ในบริเวณใด เพื่อให้ศูนย์ควบคุมการเดินรถรับทราบ โดยตัวรถไฟฟ้าจะติดป้ายอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถอ่านค่าได้โดยผ่านคลื่นวิทยุ ข้อมูลที่ได้จากระบบ RFID จะถูกส่งผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สายที่ใช้เทคโนโลยี Zigbee กลับมายังศูนย์ควบคุม

2) มีการออกแบบและสร้างสมาร์ทโหนดขึ้นมาเพื่อให้เครื่องอ่าน RFID สามารถทำงานร่วมกันกับเครือข่ายไร้สายได้ ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องอ่าน RFID ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ Zigbee

3) จากการทดสอบ พบว่าเมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดที่ได้ทำการติดตั้งไว้ตามจุดต่าง ๆ สมาร์ทโหนดสามารถอ่านแท็กส์ที่ติดตั้งไว้กับรถไฟฟ้าแล้วทำการส่งมายังศูนย์ควบคุมได้

4) มีการออกแบบและสร้างโปรแกรมฐานข้อมูลซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลที่แท็กส์ส่งมาไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรมสามารถบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลและทำการแสดงผลข้อมูลออกทางหน้าจอของโปรแกรมเพื่อให้ผู้ที่อยู่ที่ศูนย์ควบคุมทราบได้

5) จากข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมฐานข้อมูลทำให้สามารถทราบระยะเวลาเฉลี่ยที่รถไฟฟ้าใช้ในการเดินทางระหว่างสถานี ทำให้สามารถคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าขณะวิ่งอยู่และเวลาที่รถไฟฟ้าจะเดินทางไปถึงสถานีต่อไปได้

5.1.2 ระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนด

1) ทำการออกแบบระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดโดยการนำระบบเครือข่ายประสาทเทียมมาใช้ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในสมาร์ทโหนด โดยเพียงแค่ติดตั้งระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดไว้กับรถยนต์แล้วเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดก็จะทราบได้ทันทีว่าสมาร์ทโหนดนั้นทำงานได้ปกติหรือไม่

2) ระบบประสาทเทียมที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้มีทั้งหมด 3 เครือข่าย คือ เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ RFID และ เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของ Zigbee

3) ในการออกแบบมีการเปลี่ยนฟังก์ชันถ่ายโอนหลากหลายรูปแบบเพื่อหาฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในแต่ละชั้นซ่อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในแต่ละหน้าที่การตรวจสอบ

4) การนำเครือข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้กับระบบสมองกลฝังตัวโดยการนำค่าพารามิเตอร์ของเครือข่ายที่ผ่านการฝึกสอนแล้วมาใช้ในการเขียนโปรแกรมให้แก่ระบบสมองกลฝังตัวด้วย VB

5) จากการทดสอบพบว่า เมื่อนำรถที่ใช้ในการตรวจสอบเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด ระบบตรวจสอบความผิดปกติในสมาร์ทโหนดสามารถใช้เครือข่ายประสาทเทียมทั้ง 3 เครือข่ายในการตรวจสอบความผิดปกติของสมาร์ทโหนดได้อย่างถูกต้อง

5.2 แนวทางพัฒนาต่อไปในอนาคต

1) ประยุกต์ใช้ระบบการส่งข้อมูลในวิทยานิพนธ์นี้กับระบบการส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS เพื่อลดปริมาณการใช้อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย Zigbee และเพิ่มขอบเขตของการส่งข้อมูลจากสมาร์ทโหนดมายังศูนย์ควบคุม เพื่อใช้ในสถานที่ที่มีขนาดใหญ่และมีสิ่งกีดขวางมาก

2) ประยุกต์ใช้ระบบการส่งข้อมูลในวิทยานิพนธ์นี้กับระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ให้ข้อมูลที่ได้รับจากสมาร์ทโหนดมีการแสดงผลแบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถเรียกดูได้ทุกที่ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

3) เพิ่มค่าพารามิเตอร์และรูปแบบของความผิดปกติที่ใช้ในการฝึกสอนให้มากขึ้น

4) พัฒนารูปแบบในการฝึกสอนแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้ดีขึ้น

5) พัฒนาให้เครือข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ในระบบให้ละเอียดมากขึ้น

รายการอ้างอิง

LeungC.W.,LawS.M.,ChanW.S.,SiuY.M.,"**Designandimplementationofatwolayer RFIDnetwork**",Asia-PacificMicrowaveConference,2008.APMC2008.

Aqeel-ur-Rehman,AbuZ.A.,ZubairA.S.,"**BuildingASmartUniversityusingRFIDTechnology**",InternationalConferenceonComputerScienceandSoftwareEngineering,2008.

T.Zhang,Y.Ouyang,Y.Liu,"**SmartExhibition:CaseStudyofIntegratingRFIDwithWirelessSensorNetworkforPervasiveComputing**",4thInternationalConferenceonWirelessCommunications,NetworkingandMobileComputing,2008.WiCOM'08.

J.Chen,J.Zeng,Y.Zhou,"**PacketErrorRateofZigbeeundertheInterferenceofRFID**InternationalConferenceonAdvancedComputerControl,2009.ICACC'09.

S.A.Elshayeb,K.B.Hasnan,C.Yen,"**RFIDTechnologyandZigbeeNetworkinginImprovingSupply ChainTraceability**",Instrumentation,Communications,2009InternationalConferenceonInformationTechnology,andBiomedicalEngineering,2009.

Chung-HsinLiu,Jian-YunLo,"**ThestudyfortheZigbeewithRFIDPositioningSystem**",SecondInternationalConferenceonMultimediaandInformationTechnology,2010.

F.Feng,H.Shengyu,X.Qi,"**TheResearchoftheZigbeeandRFIDFusionTechnologyintheCoalMine Safety**",InternationalConferenceonInformationManagement,InnovationManagementandIndustrialEngineering,2010.

H.Cho,H.Jang,Y.Baek,"**LargeScaleActiveRFIDSystemUtilizingZigbeeNetworks**",3rdIEEEInternationalConferenceonConsumerElectronics,2011.

Q.Ruan,W.Xu,G.Wang,"**RFIDandZigbeeBasedManufacturingMonitoringSystem**",InternationalConferenceonElectricInformationandControlEngineering,15-17April2011.

SrinivasanS.,RanganathanH.,SrivelR.,"**Employeemonitoring&HRmanagementusingRFID**",InternationalConferenceonElectronics,CommunicationandComputingTechnologies(ICECCT),2011

http://www.xsense.co.th/th/node/212

http://www.etteam.com/product/03A21.html

http://www.thaieasyelec.com/Wireless-Module/Zigbee802154/XB24-Z7UIT-004.html

http://www.thaicreate.com/tutorial/sql.htmlhttp://www.rfidbasic.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=51

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ThanakornDeeying,PrayothKumsawat,KittiAttakitmongcol,ArthitSrikaew,“**RFID–BasedIdentigicationforSmartElectricVehicle**”,1st ASEANPlusThreeGraduateResearchCongress2012.AGRC2012,p.ST-585toST-588.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Proceedings: 1st ASEAN Plus Three Graduate Research Congress

GRC 2012
1st ASEAN PLUS THREE GRADUATE RESEARCH CONGRESS
Chiang Mai, Thailand

RFID-Based Identification for Smart Electric Vehicle

Thanakorn Deeying*, Prayoth Kumsawat**, Kitti Attakitmongcol*** and Arthit Srikaew***
School of Telecommunication Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand

Abstract

In this paper, the vehicle identification system based on RFID and wireless sensor network technologies is proposed. We have developed a smart node that has RFID reader and networking abilities. RFID tags which are affixed to vehicle windscreens can store and send information to the RFID reader. Once the reader has received the identity sent from the tags, the reader will report the vehicle arrival or departure data to the control center by the ZigBee wireless networks. The simulation results demonstrate that our proposed system is feasible and the system functions such as vehicle information collection, wireless transmission and real-time vehicles identification are accomplished.

Keywords: Vehicle Identification, Radio Frequency Identification, ZigBee, Wireless Sensor Networks, Microcontroller

Introduction

With the rapid growth of the electronics and communication network technologies, Radio Frequency Identification (RFID) has become one of the most proposing automated identity technologies. Compared with other traditional identify technology, RFID has the advantage such as contact-less device, multi-object recognition, non-line-of-sight system, long distance, programmability and penetrability. In similar fashion, ZigBee is a new type of wireless transmission standard. It has many significant features such as short distance, low complexity, low power consumption, low data rate, lower cost and it has a self-organized network, which is very fit for the network-combination of sensor and actuating mechanism in the automate identification and control applications.

Recently, organizations use RFID and ZigBee to effectively find solutions for a variety of applications including: smart university [1], smart exhibition [2], positioning system [3], monitoring system [4], industrial management [5] as well as coal-mine safety [6]. Next, we give a brief overview of the RFID and ZigBee.

RFID

Radio-frequency Identification (RFID) comprises two types of elements which are readers and nodes known as tags. The main application of RFIDs is the identification and tracking of products using radio frequency signals for establishing communication among the tags and one or more readers. An RFID system can be viewed as a collection of constrained nodes (known as tags) that can be physically added, or even inserted into the object under observation that can be merchandise, animal, or person. Most tags have a reading range of several meters and beyond in the line of sight of the reader. More precisely, an RFID system is composed of the following elements:

The reader: This element is an electronic device that can read and write several classes of tags. Moreover, in the case that this device is equipped with cryptographic functionality, it can authenticate tags. Commonly, a reader is connected to a host or sometimes it can work as an independent device.

Tags: These are the RFID devices that will be incorporated to the product that one wants to identify. There exist

* Master Student, School of Telecommunication Engineering, Suranaree University of Technology, e-mail address: b4902362@hotmail.com
** Assistant Professor, School of Telecommunication Engineering, Suranaree University of Technology, e-mail address: prayoth@sut.ac.th
*** Associate Professor, School of Electrical Engineering, Suranaree University of Technology

three different types of tags: active, passive and semi-active nodes.

• An active tag is equipped with a battery as its main power supply. This allows high communication range and improves storing capabilities. A battery can last several years in an active device.

• The passive tags do not have any power supply. In fact, the electrical current is induced via the electromagnetic field which is sufficient for the identifier to wake-up and respond to the reader request. The passive tag has a smaller reading range and less capability for data storing when compared with an active identifier.

Zigbee

ZigBee is a specification for a suite of communication protocols based on the IEEE 802.15.4-2003 standard, which targets wireless personal area networks. We note that Zigbee operates in the network layer using as a transport layer This services are provided by the IEEE 802.15.4-2003 protocol. Actually,the IEEE 802.15.4 defines two physical layers which operate in three frequencies .The physical layer at 2.4 GHz with a maximum transfer rate of 250 kbps. There are no restriction for using this band around the world.

Zigbee Device Types: There exist three types of Zigbee devices:

• The Zigbee Coordinator (ZC): This is the most powerful Zigbee device. The coordinator can be seen as the root of the network topology and it can also be utilized as a gateway to other piconets. Sometimes, the coordinator is used as a trust entity that can maintain the system's key repository.

• Zigbee Router (ZR): This device can execute a common application and can work as intermediate router in order to send data to other Zigbee devices.

• Zigbee End Device (ZED): This device has limited functionalities such as exchanging information with the ZC or the ZR devices. A ZED cannot forward data to other devices. The main feature of this device is that it keeps the device stay in the low-power consumption mode most of the time. This allows the saving of significant battery life time. This device requires less amount of memory and is the cheapest Zigbee device. Table I shows the comparison between Zigbee with several other wireless sensor network technologies.

In this paper, we propose the vehicle identification system based on RFID and ZigBee networks. The vehicles identification system is designed for use in the smart electric vehicle system to identify electric vehicle arriving at or departing from stops and terminals. The system reports the identities of the vehicle to the control center for various applications, such as traffic information system, maintenance system, vehicle positioning system, etc.

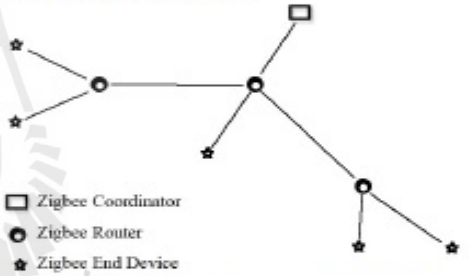


Fig. 1. Example of a network of ZigBee devices

Table I. Comparison of several wireless sensor network technologies

Standard	ZigBee 802.15.4	Wi-Fi 802.11b	Bluetooth 802.15.1
Transmission Range	100 – 1,500 meters	1 –100 meters	1 – 10 meters
Throughput	20 - 250 kb/s	11,000 kb/s	720 kb/s
Network Size	64,000 nodes	32 nodes	7 nodes
Cost	Lowest	Higher	Lower
Battery Life	Several years	Several days	Several days

Methodology/Experimental Design

The vehicle identification system is designed for use in the smart electric vehicle system to identify electric vehicles arriving at or departing from stops and terminals.

We have developed a smart node that has RFID reader and networking abilities. The fundamental smart node shown in Fig. 3 was composed of four components: ZigBee, Microcontroller, RFID reader and power module. The wireless sensor nodes are based on the ZigBee compliance product from Maxstream Company that can operate within the ISM 2.4 GHz frequency band. ATmega128 is chosen as the main controller of the smart node for its low costs and high performance. The ATmega128 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega128 achieves throughputs approaching 1MIPS per MHz.

In the proposed system, the RFID reader is designed to collect the vehicle identity sent from the RFID tags. RFID tags are affixed to electric vehicle windscreens. They can store and send information to the RFID reader. Once the reader has received the identity sent from the tag, the reader will report the vehicle arrival or departure data to the control center by the ZigBee wireless networks. Data received is displayed on PC using the GUI at the control center. The user friendly GUI is programmed using the Visual Basic 2008 and able to receive information data in real-time. Fig. 4 shows the architecture design of the vehicle identification system using RFID technology.

Results and Discussion

An experiment has been carried out in order to explore the feasibility of using the smart node for the vehicle identification system. The simulated system consists of three stations. The smart node is installed in each station to collect the signal from RFID tag in forward and backward direction of the target vehicles. In addition, the host computer system at the control center is build up with a PC and ZigBee USB dongle.

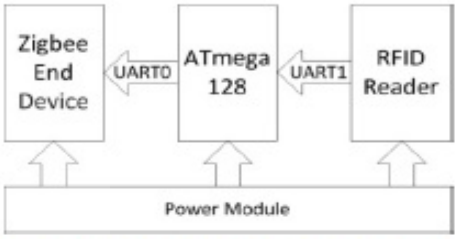


Fig. 3. Hardware structure of the smart node

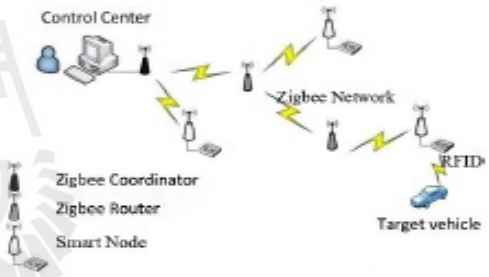


Fig. 4. The architecture design of the vehicle identification system

Host computer functions as a server where it was connected to the entire wireless network using ZigBee module. The database system that was developed in our work was installed in the server . It can collect and store the reading from all RFID readers. In order to provide users with an easy visual way to configure vehicle identification system, a graphical and friendly GUI has been provided. The snapshots of this application are also shown in Fig. 5 and Fig.6. The arrival time of 5 vehicles are summarized in Table II. These experimental results demonstrated that the smart node can be used for vehicle identification. Furthermore, the control center is able to receive information data in real-time.

Conclusion

This paper proposed the vehicle identification system based on RFID and wireless sensor network technologies for smart electric vehicle identification. We have developed a smart node that has RFID reader and networking abilities.

Fig. 5. Tag reader

Fig.6. Information time of each Station

Table II Arrival time of 5 vehicles

Station / Tag name	Station 1	Station 2	Station 3
Test 02	15:33:35	15:34:52	15:38:42
Test 03	15:43:02	15:44:49	15:48:36
Test 04	15:56:01	15:58:55	16:03:40
Test 05	16:12:08	16:17:43	16:28:33
Test 01	16:37:05	16:38:51	16:46:17

It is equipped with a low power microcontroller and RF device that can support physical-layer functionalities of IEEE 802.15.4-2003 standard. The simulation results demonstrate that our proposed system is feasible and the system functions such as vehicle information collection, wireless transmission and information real-time vehicle identification are realized. This system can be applied to various applications, including traffic information and management system, maintenance system, vehicle positioning system and vehicle theft protection.

Acknowledgment

This work was supported by a grant from SUT Research and Development Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.

References

[1] Aqeel-ur-Rehman, Abu Z. A., Zubair A. S., "Building A Smart University using RFID Technology", International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.

[2] T. Zhang, Y. Ouyang, Y. Liu, "Smart Exhibition: Case Study of Integrating RFID with Wireless Sensor Network for Pervasive Computing", 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. (WiCOM '08).

[3] Chung-Hsin Liu, Jian-Yun Lo, "The study for the ZigBee with RFID Positioning System", Second International Conference on Multimedia and Information Technology, 2010.

[4] Q. Ruan, W. Xu, G. Wang, "RFID and ZigBee Based Manufacturing Monitoring System", International Conference on Electric Information and Control Engineering , 15-17 April 2011.

[5] S. A. Elshayeb, K. B. Hasnan, C.Yen, "RFID Technology and ZigBee Networking in Improving Supply Chain Traceability", Instrumentation, Communications, 2009 International Conference on Information Technology, and Biomedical Engineering, 2009.

[6] F. Feng, H. Shengyu, X. Qi, "The Research of the ZigBee and RFID Fusion Technology in the Coal Mine Safety", International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 2010.

ประวัติผู้เขียน

ธนกร ดียิ่ง เกิดเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2531 ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนสุรวิทยาคาร อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสิรินธร อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปี การศึกษา 2553 จากนั้นได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาโท สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในขณะศึกษาอยู่ได้ทำงานเป็นผู้ช่วยวิจัยในโครงการวิจัยเรื่อง ระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อระบุตัวตนของรถไฟฟ้าอัจริยะ (RFID-Based Identification for Smart Electric Vehicle) และเป็นผู้ช่วยสอนใน ห้องปฏิบัติการไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessors Laboratory) และห้องปฏิบัติการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Laboratory) ทางผู้จัดทำวิทยานิพนธ์สนใจงานที่เกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence), โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

ในระหว่างการศึกษาได้มีผลงานวิจัยและเผยแพร่ เรื่อง “RFID – Based Identigication for SmartElectricVehicle”ในการประชุมวิชาการ 1st ASEANPlusThreeGraduateResearch Congress 2012 (AGRC2012) ซึ่งจัดขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 1 – 2 มีนาคม พ.ศ. 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี