

การหาตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองจากคลื่นความถี่กว้างยิ่ง
โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม

Tissue phantom-based breast cancer detection using UWB
by neural network



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
พ.ศ. 2563

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การหาตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองจากคลื่นความถี่กว้างยิ่ง
โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม

Tissue phantom-based breast cancer detection using UWB
by neural network



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา พ.ศ. 2563 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาโทปีการศึกษา 2563

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง การหาตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองจากคลื่นความถี่กว้างยิ่ง
โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม
Tissue phantom-based breast cancer detection using UWB
by neural network

ผู้จัดทำ นายภวัต พันสนุสรณ์ รหัสประจำตัว 60010756

นายวุฒิภัทร จินสุขประเสริฐ รหัสประจำตัว 60010950

ปริญญาโทนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. กัทธพงษ์ ผาสุกกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การหาตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองจากคลื่นความถี่กว้างยิ่ง โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายภวัต พันธ์อนุสรณ์	รหัสประจำตัว 60010756
	นายวุฒิภัทร จินสุขประเสริฐ	รหัสประจำตัว 60010950
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2563	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุกกิจ	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการหาตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองจากคลื่นความถี่กว้างยิ่ง โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสัญญาณจากเสาส่งอากาศและสัญญาณจากเสารับอากาศในตำแหน่งต่างๆ โดยสัญญาณที่ส่งนั้นจะใช้สัญญาณ short pulse แบบ sinewave ทำให้คลื่นที่ส่งไปมีความถี่กว้าง ซึ่งเหมาะกับเต้านมของมนุษย์ที่มีค่าคงที่ของแต่ละคนไม่เท่ากัน ทำให้ความถี่ที่ผ่านเต้านมที่มีความถี่ที่แตกต่างกันออกไป แล้วนำข้อมูลที่ได้มาใช้วิเคราะห์ในการหาตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลอง โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งผ่านกระบวนการนำสัญญาณไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่างๆเพื่อจะระบุตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองได้อย่างแม่นยำ ซึ่งโครงงานนี้จะสามารถระบุตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title	Tissue phantom-based breast cancer detection using UWB by neural network
Authors	Mr. Pawat Panusanusorn Student ID 60010756 Mr. Wuttipat Jeansukprasert Student ID 60010950
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2020
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Pattarapong Phasukkit

ABSTRACT

This Thesis presents Tissue phantom-based breast cancer detection using UWB by neural network, with the purpose of studying the characteristics of the signal from the transmitting antenna and the signal from the receiving antenna in different positions. The signal transmission uses a short pulse sinewave signal, causing the transmitted signal to have a wide frequency. Suitable for human breasts that are not the same as each person's constant, causing frequency that passes the breast is different. Then bring the data were analyzed to find the location of Tissue phantom-based breast cancer by neural network, which through the process of the bring the signal to find relative to identify the location of Tissue phantom-based breast cancer. This project will be able to identify the location of Tissue phantom-based breast cancer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ “การหาดำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองจากคลื่นความถี่กว้างยิ่ง โดยใช้วิธี
โครงข่ายประสาทเทียม” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาจากรองศาสตราจารย์
ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยช่วยเหลือในการทดลองการทำปริญญานิพนธ์ และให้
ความรู้รวมถึงการแก้ปัญหาต่างๆในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบพระคุณเป็น
อย่างสูง

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆและรุ่นพี่ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำปริญญานิพนธ์นี้ทั้งหมด ทำให้ผลของปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



ภวัต พันธุ์สรณ์

วุฒิปัทธ จินสุขประเสริฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	X
สารบัญรูปภาพ	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	2
2.1 องค์ประกอบของเต้านม	2
2.2 มะเร็งเต้านม	2
2.2.1 ขนาดของก้อนมะเร็ง	3
2.2.2 ระยะเวลาของก้อนมะเร็ง	3
2.3 วิธีการตรวจมะเร็งเต้านม	4
2.3.1 การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยตนเอง	4
2.3.2 การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยวิธีแมมโมแกรม	5
2.3.3 การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยวิธีอัลตราซาวด์	5
2.4 วัสดุจำลองเต้านม	6
2.5 การอนุญาตแบบสัมพัทธ์หรือค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	6
2.6 เสออากาศ	7
2.7 เทคโนโลยีแบบแถบกว้างยิ่ง(Ultra Wideband Technology)	7
2.8 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนด้วย Network Analyzer	8
2.9 การวิเคราะห์สัญญาณ	9
2.9.1 อนุกรมฟูเรียร์	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9.2 อนุกรมฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม	10
2.10 Arduino	11
2.11 รีเลย์ (Relay)	11
2.11.1 ส่วนประกอบของรีเลย์	11
2.11.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐาน	12
2.12 Recurrent Neural Network (RNN)	13
2.13 Backpropagation through time	16
2.14 Vanishing/Exploding Gradients ใน RNN	18
2.15 Underfitting และ Overfitting	19
2.16 วัดประสิทธิภาพ Model จาก Confusion Matrix	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	24
3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน	24
3.2 บล็อกไดอะแกรมการนำข้อมูลไปประมวลผล	24
3.3 แผนโครงสร้างโมเดล	25
3.4 การออกแบบสายอากาศ	25
3.5 วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณ	27
3.6 รูปแบบการกำหนดตำแหน่งของเซลล์จำลองและตำแหน่งเสารับสัญญาณ	29
3.7 โค้ดควบคุมช่องทางรับของสัญญาณ	30
3.8 โค้ดการเก็บและใช้ข้อมูล	31
3.9 การนำข้อมูลไปประมวลผลหาตำแหน่งโดยใช้วิธีโครงสร้างประสาทเทียม	33
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
4.1 บันทึกผลการทดลองการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน	40
4.2 บันทึกผลการทดลองวัดระยะห่างระหว่าง Transmission และ Receiver เมื่อใช้ Receiver ตัวที่ 5	41
4.3 บันทึกผลการทดลองวัดองศาที่มุมต่างๆระหว่าง Transmission และ Receiver เมื่อใช้ Receiver ตัวที่ 5	42
4.4 บันทึกผลการทดลองของ Receiver แต่ละตัวเมื่อรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ	44
4.4.1 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 1	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.2 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 2	45
4.4.3 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 3	46
4.4.4 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 4	47
4.4.5 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 5	48
4.4.6 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 6	49
4.4.7 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 7	50
4.4.8 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 8	51
4.4.9 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 9	52
4.5 บันทึกผลการทดลองของ Receiver แต่ละตัวเมื่อรับสัญญาณจากขดน้ำด้านหน้าตัวรับสัญญาณ 1 เซนติเมตร และขดน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.9 เซนติเมตร	53
4.5.1 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 1	53
4.5.2 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 2	54
4.5.3 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 3	55
4.5.4 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 4	56
4.5.5 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 5	57
4.5.6 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 6	58
4.5.7 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 7	59
4.5.8 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 8	60
4.5.9 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 9	61
4.5.10 ขดน้ำวางหน้าตัวส่งสัญญาณ	62
4.5.11 ขดน้ำวางตรงกลาง	63
4.6 บันทึกผลการทดลองค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver แต่ละตัว	64
4.6.1 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1	65
4.6.2 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6.3 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3	66
4.6.4 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4	66
4.6.5 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5	67
4.6.6 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6	67
4.6.7 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7	68
4.6.8 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8	68
4.6.9 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9	69
4.6.10 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ RNN	69
4.7 บันทึกผลการทดลองค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver แต่ละตัว	70
4.7.1 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1	70
4.7.2 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2	71
4.7.3 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3	71
4.7.4 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4	72
4.7.5 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7.6 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6	73
4.7.7 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7	73
4.7.8 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8	74
4.7.9 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9	74
4.7.10 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ RNN	75
4.8 บันทึกผลการทดลองค่า f1_score เมื่อทำการหมุนเซลล์มะเร็งจำลอง 4 ครั้ง	75
4.8.1 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมุน 0 องศา	75
4.8.2 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมุน 90 องศา	76
4.8.3 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมุน 180 องศา	76
4.8.4 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมุน 270 องศา	77
4.8.5 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยรวมผลของการหมุนทั้ง 4 ครั้ง	77
4.8.6 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมุน 0 องศา	78
4.8.7 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมุน 90 องศา	78
4.8.8 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมุน 180 องศา	79
4.8.9 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมุน 270 องศา	79
4.8.10 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยรวมผลของการหมุนทั้ง 4 ครั้ง	80

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

5.1 สรุปผลการทดลอง 81

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	82
บรรณานุกรม	83
ภาคผนวก	84



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.5.1 แสดงค่าคงที่ค่าคงที่ไดโพลีทริกสำหรับองค์ประกอบของเต้านม	7
ตารางที่ 2.12.1 รูปแบบของ RNN	15
ตารางที่ 3.4.1 ขนาดของสายอากาศ	26
ตารางที่ 3.4.2 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11)	27
ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงการต่อวงจรควบคุมช่องทางรับสัญญาณ	28
ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การสะท้อนกับช่วงความถี่	40
ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและระยะเวลา	42
ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมและโวลต์สูงสุด	42
ตารางที่ 4.4.1 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 1	44
ตารางที่ 4.4.2 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 2	45
ตารางที่ 4.4.3 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 3	46
ตารางที่ 4.4.4 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 4	47
ตารางที่ 4.4.5 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 5	48
ตารางที่ 4.4.6 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 6	49
ตารางที่ 4.4.7 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 7	50
ตารางที่ 4.4.8 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 8	51
ตารางที่ 4.4.9 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 9	52
ตารางที่ 4.5.1 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 1	53
ตารางที่ 4.5.2 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 2	54
ตารางที่ 4.5.3 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 3	55
ตารางที่ 4.5.4 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 4	56
ตารางที่ 4.5.5 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 5	57
ตารางที่ 4.5.6 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 6	58
ตารางที่ 4.5.7 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 7	59
ตารางที่ 4.5.8 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 8	60
ตารางที่ 4.5.9 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดรับสัญญาณที่ 9	61
ตารางที่ 4.5.10 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดส่งสัญญาณ	62
ตารางที่ 4.5.11 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขนาดหน้าตัดตรงกลาง	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโรงเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.6.1 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1	65
ตารางที่ 4.6.2 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2	65
ตารางที่ 4.6.3 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3	66
ตารางที่ 4.6.4 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4	66
ตารางที่ 4.6.5 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5	67
ตารางที่ 4.6.6 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6	67
ตารางที่ 4.6.7 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7	68
ตารางที่ 4.6.8 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8	68
ตารางที่ 4.6.9 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9	69
ตารางที่ 4.6.10 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ RNN	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของเต้านม	2
รูปที่ 2.2 สถิติการตรวจพบมะเร็งเต้านมทั่วโลก	3
รูปที่ 2.3 การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยวิธีแมมโมแกรม	5
รูปที่ 2.4 โครงสร้างวัสดุจำลองเต้านม	6
รูปที่ 2.5 ความถี่แถบกว้างยิ่งเทียบกับความถี่ที่ใช้ในการสื่อสาร	8
รูปที่ 2.6 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน	9
รูปที่ 2.7 กราฟแสดง sinewave แบบต่อเนื่องใน time domain และ frequency domain	10
รูปที่ 2.8 กราฟแสดง sinewave แบบ short pulse ใน time domain และ frequency domain	10
รูปที่ 2.9 Arduino MEGA	11
รูปที่ 2.10 Relay module	11
รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในรีเลย์	12
รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของ RNN	13
รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมชั้นแรกของ RNN	14
รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมเมื่อส่งข้อมูลไปหา hidden state ถัดไป	14
รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมชั้นสุดท้าย	15
รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของ Backpropagation through time	17
รูปที่ 2.17 ขนาดของ weight เมื่อเกิด Exploding Gradients	18
รูปที่ 2.18 ขนาดของ weight เมื่อเกิด Vanishing Gradients	18
รูปที่ 2.19 กราฟด้านซ้ายแสดงถึงค่า weight เริ่มต้นเป็น 0 และกราฟด้านขวาแสดงถึง weight เริ่มต้นแบบ Xavier initialization	19
รูปที่ 2.20 Underfitting	19
รูปที่ 2.21 Overfitting	20
รูปที่ 2.22 Dropout	22
รูปที่ 2.23 โมเดลที่ดี	22
รูปที่ 2.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Actual values กับ Predicted values	22
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน	24
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของการนำข้อมูลไปประมวลผล	24
รูปที่ 3.3 แผนโครงสร้าง Model	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
รูปที่ 3.4	ขนาดของสายอากาศ	25
รูปที่ 3.5	สายอากาศที่ใช้ทำการทดลอง	26
รูปที่ 3.6	สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11)	27
รูปที่ 3.7	วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณ	27
รูปที่ 3.8	วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณที่ใช้ทำทดลอง	28
รูปที่ 3.9	ตำแหน่งของเซลล์จำลองและตำแหน่งเสารับสัญญาณ	29
รูปที่ 3.10	โค้ดกำหนดค่าของ LED&KEY TM1638	30
รูปที่ 3.11	โค้ดกำหนด Pin แต่ละตัว	30
รูปที่ 3.12	โค้ดควบคุมการแสดงผลบน LED&KEY TM1638 และ Relay	31
รูปที่ 3.13	โค้ดการตั้งค่าการเชื่อมต่อ	31
รูปที่ 3.14	โค้ดตั้งค่าสเกลข้อมูล	31
รูปที่ 3.15	โค้ดเก็บข้อมูลตัวส่งสัญญาณ	32
รูปที่ 3.16	โค้ดเก็บข้อมูลตัวรับสัญญาณ	32
รูปที่ 3.17	โค้ดเก็บข้อมูลทั้งหมด	32
รูปที่ 3.18	โค้ดการใช้ข้อมูล	33
รูปที่ 3.19	โค้ดการอ่านข้อมูลจากไฟล์	33
รูปที่ 3.20	โค้ด One-Hot encoding	34
รูปที่ 3.21	โค้ดต่อข้อมูลกับลำดับตำแหน่ง	34
รูปที่ 3.22	โค้ดแบ่งข้อมูลเพื่อนำไป Train และ Test	35
รูปที่ 3.23	โค้ดแบ่งข้อมูลออกจากตำแหน่ง	35
รูปที่ 3.24	โค้ดจัดรูปแบบของข้อมูล	36
รูปที่ 3.25	โค้ดสร้าง weight และ bias เริ่มต้น	36
รูปที่ 3.26	โค้ด Feed forward ในเสาสัญญาณ	36
รูปที่ 3.27	โค้ด Back propagation ในเสาสัญญาณ	37
รูปที่ 3.28	โค้ด Validation ในเสาสัญญาณ	37
รูปที่ 3.29	โค้ด Feed forward จากเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง	38
รูปที่ 3.30	โค้ด Back propagation จากเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง	38
รูปที่ 3.31	โค้ดแสดงผลความแม่นยำและข้อผิดพลาด	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในวงจำกัดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.1 สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากทฤษฎี	40
รูปที่ 4.2 สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากการทดลอง	40
รูปที่ 4.3 กราฟผลการทดลองวัดระยะห่างของ Transmission และ Receiver	41
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงลักษณะของแอมพลิจูดเมื่อองศาแตกต่างกัน	42
รูปที่ 4.5 การวัดองศาเมื่อ Receiver เป็น 0 องศา	43
รูปที่ 4.6 การวัดองศาเมื่อ Receiver เป็น 45 องศา	43
รูปที่ 4.7 การวัดองศาเมื่อ Receiver เป็น 90 องศา	43
รูปที่ 4.8 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 1	44
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 1	44
รูปที่ 4.10 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 2	45
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 2	45
รูปที่ 4.12 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 3	46
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 3	46
รูปที่ 4.14 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 4	47
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 4	47
รูปที่ 4.16 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 5	48
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 5	48
รูปที่ 4.18 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 6	49
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 6	49
รูปที่ 4.20 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 7	50
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 7	50
รูปที่ 4.22 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 8	51
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 8	51
รูปที่ 4.24 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 9	52
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 9	52
รูปที่ 4.26 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 1	53
รูปที่ 4.27 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 2	54
รูปที่ 4.28 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 3	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.29 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 4	56
รูปที่ 4.30 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 5	57
รูปที่ 4.31 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 6	58
รูปที่ 4.32 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 7	59
รูปที่ 4.33 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 8	60
รูปที่ 4.34 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 9	61
รูปที่ 4.36 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวส่งสัญญาณ	62
รูปที่ 4.37 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำวางไว้ตรงกลาง	63
รูปที่ 4.38 แบบจำลองตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลอง	64
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 1	65
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 2	65
รูปที่ 4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 3	66
รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 4	66
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 5	67
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 6	67
รูปที่ 4.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 7	68
รูปที่ 4.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 8	68
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 9	69
รูปที่ 4.48 กราฟแสดง Accuracy และ Loss ของ RNN	69
รูปที่ 4.49 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1	70
รูปที่ 4.50 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2	71
รูปที่ 4.51 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3	71
รูปที่ 4.52 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.53 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5	72
รูปที่ 4.54 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6	73
รูปที่ 4.55 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7	73
รูปที่ 4.56 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8	74
รูปที่ 4.57 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9	74
รูปที่ 4.58 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ RNN	75
รูปที่ 4.59 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมน 0 องศา	75
รูปที่ 4.60 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมน 90 องศา	76
รูปที่ 4.61 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมน 180 องศา	76
รูปที่ 4.62 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมน 270 องศา	77
รูปที่ 4.63 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยรวมผลของการหมน ทั้ง 4 ครั้ง	77
รูปที่ 4.64 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมน 0 องศา	78
รูปที่ 4.65 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมน 90 องศา	78
รูปที่ 4.66 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมน 180 องศา	79
รูปที่ 4.67 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมน 270 องศา	79
รูปที่ 4.68 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยรวมผลของการหมนทั้ง 4 ครั้ง	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันมะเร็งเต้านมเป็นมะเร็งที่พบบมากที่สุดของผู้หญิง และเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตอันดับต้นๆของผู้หญิง ส่วนในผู้ชายก็พบมะเร็งเต้านมได้เช่นกันแต่ไม่บ่อยนัก ซึ่งการตรวจมะเร็งเต้านมตั้งแต่ระยะแรกๆ หากเราพบเจอมะเร็งเต้านมจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการรักษา และลดความเสี่ยงในการเสียชีวิต โครงการนี้ได้จัดทำการศึกษาทดลองการหาตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองจากการส่งคลื่นความถี่กว้างยิ่งผ่านไปยังเซลล์มะเร็งจำลอง จากนั้นคลื่นจะสะท้อนกลับที่ยังเครื่องรับ และนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลหาความแตกต่างระหว่างตัวกลางสองชนิดที่มีค่าPermeabilityที่แตกต่างกันโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ตรวจสอบตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลอง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการหาตำแหน่งโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการประมวลผลข้อมูลโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural network)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1.3.1 สามารถตรวจสอบตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองได้
- 1.3.2 นำข้อมูลไปประมวลผลเพื่อหาความแตกต่างระหว่างตัวกลางสองชนิดที่มีค่าPermeabilityที่แตกต่างกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ต่อยอดหรือพัฒนางานอื่น ๆ
- 1.4.2 มีทักษะกระบวนการคิด การทำงานและการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น
- 1.4.3 มีทักษะการใช้โปรแกรม Matlab คล่องแคล่วมากยิ่งขึ้น
- 1.4.4 เข้าใจหลักการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 องค์ประกอบของเต้านม

เต้านมประกอบด้วยต่อมและเนื้อเยื่อไขมันมากมายระหว่างชั้นของผิวหนัง และผนังช่องอก ซึ่งเนื้อเยื่อไขมันนี้เองที่เป็นตัวกำหนดขนาด และรูปร่างของทรวงอก ขณะที่มียูโทรต่อมดังกล่าวจะผลิตน้ำนมส่งผ่านท่อน้ำนมไปยังหัวนม ดังนั้นช่วงที่ให้นมลูก ต่อมน้ำนม และท่อต่างๆ จะมีขนาดใหญ่ขึ้น เต้านมยังประกอบด้วยเส้นเลือด และน้ำเหลือง โดยน้ำเหลืองจะนำของเสียที่เต้านมขับออกไปยังเนื้อเยื่อขนาดเล็กเท่าเม็ดถั่วที่เรียกว่า ต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ ซึ่งต่อมน้ำเหลืองจะทำหน้าที่กรอง และทำความสะอาดน้ำเหลือง



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของเต้านม

2.2 มะเร็งเต้านม

มะเร็งเต้านมเกิดจากเนื้อเยื่อของเต้านมที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์มะเร็งใต้ผิวหนัง ซึ่งคล้ายกับโรคมะเร็งอื่นๆ การทำความเข้าใจเกี่ยวกับโรคมะเร็งและระยะเวลาของโรคนั้น จะช่วยให้ทราบถึงการแพร่กระจายของมะเร็ง เพื่อให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจวินิจฉัยและวางแผนการรักษาในระยะของมะเร็งเต้านมได้ถูกต้องและแม่นยำ แพทย์จะทำการตัดเนื้อเยื่อจากเต้านมเพื่อมาตรวจสอบ และตรวจต่อมน้ำเหลืองบริเวณใต้รักแร้ จากนั้นผลการตรวจวินิจฉัยก็จะสามารถบ่งชี้ ถึงระยะของมะเร็งและขนาดของก้อนเนื้ออกได้

มะเร็งเต้านมยังคงเป็นมะเร็งที่พบได้บ่อยอันดับ 1 ในผู้หญิงไทยและทั่วโลก มะเร็งเต้านมพบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย โดยผู้ชายมีโอกาสพบได้น้อยมากเพียง 1% ของมะเร็งเต้านมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.2 สถิติการตรวจพบมะเร็งเต้านมทั่วโลก

2.2.1 ขนาดของก้อนมะเร็ง

- ก้อนมะเร็งขนาด 1 ซม. มีค่าเท่ากับขนาดของเมล็ดข้าวโพด
- ก้อนมะเร็งขนาด 2 ซม. มีค่าเท่ากับขนาดเมล็ดถั่ว
- ก้อนมะเร็งขนาด 3 ซม. มีค่าเท่ากับขนาดปกติของสตรอเบอร์รี่
- ก้อนมะเร็งขนาด 5 ซม. มีค่าเท่ากับขนาดของมะนาวลูกเล็ก

ในเบื้องต้นนั้น ลักษณะของก้อนเนื้องอก จะสามารถวัดขนาดได้ 1 ถึง 2 ซม. หรือ $\frac{3}{4}$ นิ้ว

ขึ้นไป

2.2.2 ระยะเวลาของก้อนมะเร็ง

มะเร็งระยะที่ 1 : ระยะเริ่มแรกจะไม่มีอาการ

- ก้อนเนื้องอกจะมีขนาดเล็กกว่า 2 ซม. ($\frac{3}{4}$ นิ้ว)
- มะเร็งยังไม่ลุกลามเข้าต่อมน้ำเหลือง
- มะเร็งยังไม่ลุกลามไปยังอวัยวะอื่นๆ

มะเร็งระยะที่ 2 : ก้อนมะเร็งจะโตกว่าระยะ 1 และอาจยังไม่แพร่กระจายไปยังส่วนอื่นของร่างกาย

- ขนาดของก้อนมะเร็งมีขนาดประมาณ 2 ถึง 5 ซม.
- มะเร็งอาจจะลุกลามไปถึงต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ได้
- การลุกลามของมะเร็งอาจจะกระจายไปต่อมน้ำเหลืองและบริเวณที่อยู่ใกล้

มะเร็งระยะที่ 3 : การลุกลามของเซลล์มะเร็งอาจจะอยู่กับที่หรืออาจไปถึงต่อมน้ำเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีพิมพ์เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไม่มีก้อนที่เต้านม แต่มีมะเร็งที่ต่อมน้ำเหลืองและบริเวณที่อยู่ใกล้
- เนื้ออกมีขนาดเล็กกว่า 5 ซม.และมีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองได้
รักแร้

หมายเหตุ : มะเร็ง ผิวหนังที่เกิดขึ้นบริเวณเต้านมเป็นอีกหนึ่งของโรคมะเร็งเต้านม และสามารถจัดเป็นมะเร็งระยะที่ 3 ได้ เนื่องจากไม่มีเนื้องอกปรากฏ เซลล์มะเร็งชนิดนี้จะหอดอยู่ในต่อมน้ำเหลือง ซึ่งจะทำให้บริเวณผิวหนังของเต้านมมีรอยบวม ย่น หดตัว หนาผิดปกติ บางส่วนมีสะเก็ด หัวนมมีการหดตัว คัน หรือแดงผิดปกติ

มะเร็งระยะที่ 4 : มะเร็งในระยะนี้ได้แพร่กระจายไปส่วนอื่นของร่างกาย และเป็นมะเร็งระยะสุดท้าย

- เซลล์จะแบ่งตัวไม่หยุด ร่างกายจะไม่สามารถควบคุมการแบ่งตัวของเซลล์ได้ ดังนั้นเซลล์จะแพร่กระจายไปยังอวัยวะที่ใกล้เคียงและแพร่ไปยังอวัยวะอื่นๆ โดยอาจจะไปตามกระแสเลือด หรือทางน้ำเหลือง เราเรียกการแพร่กระจายนี้ว่า “Metastasis”

หมายเหตุ : มะเร็งเต้านมในระยะสุดท้ายถือเป็นระยะที่ร้ายแรง และอาจถึงเสียชีวิตได้ การได้รับการรักษาจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคมะเร็งอย่างต่อเนื่องจะสามารถ ช่วยให้อาการทุเลาลงได้

2.3 วิธีการตรวจมะเร็งเต้านม

2.3.1 การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยตนเอง

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจ ควรตรวจหลังจากหมดประจำเดือน เนื่องจากเต้านมจะลดความตึงลงสามารถคลำได้ง่ายกว่าช่วงเวลาอื่นของเดือน

ขั้นตอนในการตรวจมีดังนี้

1. ดูหน้ากระจก เพื่อดูว่าเต้านมสองข้างเท่ากันหรือไม่ หัวนมอยู่ในระนาบเดียวกันไหม ผิวเต้านมมีรอยบวมหรือมีแผลอะไรผิดปกติหรือไม่ หัวนมบวมลงไปผิดปกติหรือไม่

2. คลำ ขั้นตอนนี้ควรทำในท่านอน โดยเอาแขนด้านที่จะตรวจรองไว้ใต้ศีรษะ และเอาผ้าเล็กๆมารองบริเวณไหล่เพื่อให้ตรวจได้ง่ายขึ้น จากนั้นให้คลำเต้านมให้ทั่วๆ โดยอาจคลำวนเป็นก้นหอย หรือคลำเป็นส่วนๆของเต้านมก็ได้แล้วแต่ความถนัด โดยหลักใหญ่คือการคลำให้ทั่วเต้านม ถ้าสัมผัสพบก้อนสะดุดมือผิดปกติให้ไปพบแพทย์เพื่อตรวจยืนยัน

3. สูดท่ายให้บีบหัวนมดูว่ามีของเหลว เลือด ผิดปกติไหลออกมาหรือไม่ ถ้ามีให้พบแพทย์เพื่อตรวจเพิ่มเติม

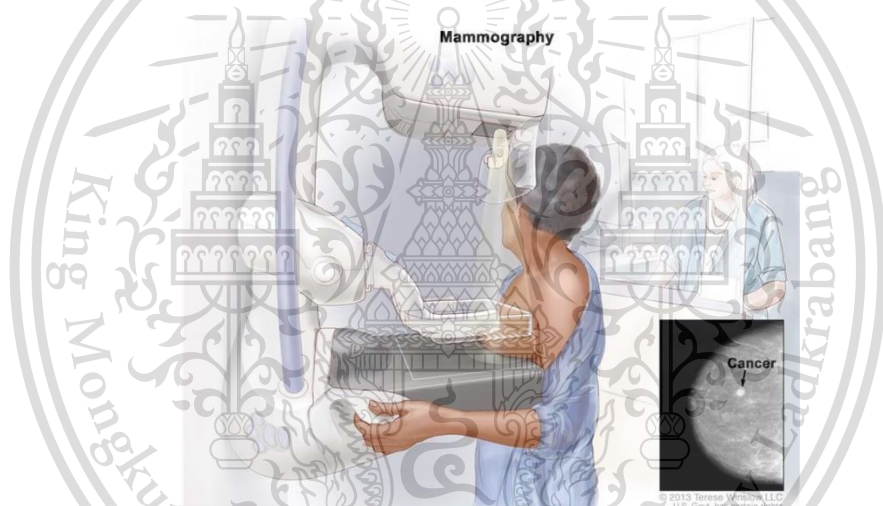
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.2 การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยวิธีแมมโมแกรม

การตรวจแมมโมแกรมเป็นการตรวจทางรังสีชนิดหนึ่งคล้ายกับการเอกซเรย์ แต่เครื่องตรวจแมมโมแกรม จะเป็นเครื่องเฉพาะที่ใช้ปริมาณรังสีน้อยกว่าเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป แต่มีความสามารถในการตรวจที่ละเอียดกว่ามาก ในการตรวจแมมโมแกรมโดยทั่วไปจะฉายรูปเต้านมด้านละ 2 รูป โดยการบีบเนื้อนมเข้าหากัน และถ่ายรูปจากด้านบน และด้านข้างอย่างละหนึ่งรูป รวมการตรวจแมมโมแกรมในระบบมาตรฐาน 4 รูป ในกรณีที่พบจุดสงสัย อาจมีการถ่ายรูปเพิ่มหรือขยายรูป เพื่อให้เกิดความชัดเจน ซึ่งการตรวจแมมโมแกรมจะมีประโยชน์มากในการตรวจหามะเร็งเต้านมขนาดเล็ก เพราะสามารถตรวจได้ตั้งแต่ยังคลำก้อนไม่พบ แต่ประโยชน์นี้จะใช้ได้ดีในคนที่เริ่มสูงอายุ (มากกว่า 40 ปี) ซึ่งเนื้อเต้านมไม่หนาแน่นมาก การตรวจแมมโมแกรมจะเห็นรายละเอียดได้มาก แต่ในคนอายุน้อยก็แปลผลแมมโมแกรมยาก และในกรณีที่พบก้อนก็ไม่สามารถบอกได้ว่าก้อนนั้นเป็นน้ำหรือเป็นก้อนเนื้อ



รูปที่ 2.3 การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยวิธีแมมโมแกรม

2.3.3 การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยวิธีอัลตราซาวด์

การตรวจอัลตราซาวด์เป็นการตรวจโดยการส่งคลื่นเสียงความถี่สูงเข้าไปในเนื้อเต้านม เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับเนื้อเยื่อต่างๆจะสะท้อนกลับขึ้นมาที่เครื่องตรวจ ซึ่งจะตรวจจับความแตกต่างของเนื้อเยื่อได้คล้ายกับการตรวจด้วยเรดาร์ ทำให้สามารถแยกเนื้อเยื่อเต้านมปกติ กับก้อนในเต้านมได้ นอกจากนี้ยังสามารถบอกได้ว่าก้อนที่พบในเนื้อเต้านมนั้น มีองค์ประกอบเป็นน้ำ หรือเป็นก้อนเนื้อ ในกรณีที่ป็นน้ำก็ค่อนข้างจะสบายใจเพราะไม่เหมือนมะเร็ง แต่หากเป็นก้อนเนื้อ อัลตราซาวด์จะช่วยบอกว่าก้อนเนื้อนั้นมีขอบเขตที่ดูเรียบร้อย หรือดูค่อนข้างเป็นเนื้อร้าย การตรวจอัลตราซาวด์มีข้อเด่นที่สามารถใช้ในคนอายุน้อย อีกทั้งยังสามารถช่วยวินิจฉัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำเนื้อหาไปใช้ในการค้า

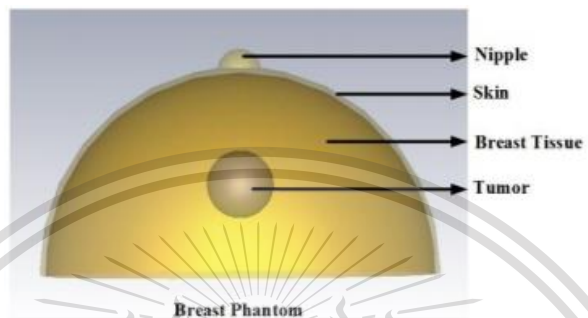
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 วัสดุจำลองเต้านม

วัสดุจำลองเต้านมถูกสร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบเนื้อเยื่อเสมือนจริง สิ่งนี้ทำได้โดยการสร้างวัสดุจำลองเต้านมด้วยคุณสมบัติทางไฟฟ้าทั้งแรงต้านสนามไฟฟ้าและการนำไฟฟ้าคล้ายกับเนื้อเยื่อที่ประกอบเป็นกายวิภาคของเต้านม ซึ่งสามารถสร้างเนื้อเยื่อวัสดุจำลองที่เลียนแบบเนื้อเยื่อต่างๆที่ประกอบขึ้นเป็นมนุษย์ เต้านมรวมถึงผิวหนัง ไขมัน ต่อมและเนื้องอก



รูปที่ 2.4 โครงสร้างวัสดุจำลองเต้านม

2.5 การอนุญาตแบบสัมพัทธ์หรือค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

Permittivity หรือค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant, ϵ) เป็นสมบัติทางไฟฟ้า (electrical properties) ของวัสดุ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงควมมีขั้ว (polarity) ของวัสดุที่อุณหภูมิใดๆ

Permittivity สัมพัทธ์ หมายถึงอัตราส่วนของการอนุญาตจริงหรือสัมบูรณ์ของตัวกลางต่อการดูดซึมสัมบูรณ์ของสุญญากาศ ถ้าความเฉื่อยชาของตัวกลางอยู่ที่ ϵ

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

อัตราส่วนนี้คือ 1.0006 สำหรับอากาศ นั่นหมายถึงการอนุญาตของอากาศคือ 1.0006

$$\epsilon_r(air) = \frac{\epsilon_{air}}{\epsilon_0} = 1.0006$$

แรงสถิตกระทำระหว่างใกล้เคียงร่างกายที่มีประจุไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความเปราะบางของตัวกลาง ดังนั้นการอนุญาตให้ญาติของสื่อใด ๆ ถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนของแรงที่กระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียงกับสุญญากาศต่อแรงที่กระทำระหว่างวัตถุเดียวกันที่แยกจากกันด้วยระยะห่างเดียวกัน

$$\epsilon_r = \frac{F_{vacuum}}{F_{medium}} = \frac{\text{Force acting between nearby electrically charged bodies in vacuum}}{\text{Force acting between the same bodies separated by the same distance in the medium}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการแสดงให้เห็นถึงความเร็วที่เร็วขึ้นจะขึ้นอยู่กับค่าคงที่ไดโอิเล็กทริก ถ้าหากคลื่นวิ่งผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะทำให้ความเร็วของคลื่นต่างกัน

ส่วนประกอบ	ค่าคงที่ไดโอิเล็กทริก
ผิว	30-36
เนื้อเยื่อเต้านม	10-16
ก้อนมะเร็ง	45-57

ตารางที่ 2.5.1 แสดงค่าคงที่ค่าคงที่ไดโอิเล็กทริกสำหรับองค์ประกอบของเต้านม

2.6 เสาอากาศ

เสาอากาศ อุปกรณ์สำหรับรับและส่งคลื่น ความถี่วิทยุ (radio frequency) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และในทางกลับกัน ก็เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าเช่นกัน

เสาอากาศมีหลายขนาดและรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น เสาอากาศโทรทัศน์ในบ้าน มักติดตั้งไว้บนหลังคา ทำด้วยอะลูมิเนียม เพราะน้ำหนักเบาและทนต่อสภาพอากาศได้ดีกว่าโลหะทั่วไป เสาอากาศที่เรียกกันโดยทั่วไป เป็นส่วนที่ใช้แพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุออกไปตามการออกแบบใช้งานของเสาอากาศ ส่วนความถี่ใช้งานนั้นจะถูกออกแบบให้ใช้ตามย่านความถี่นั้นๆ เฉพาะ ไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz ต้องใช้กับสายอากาศ 2.4 GHz เท่านั้น (ยกเว้นอุปกรณ์ภาครับอย่างเดียวเช่น วิทยุ FM-AM)

เสาอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ จากรูปแบบการกระจายของคลื่นคือ

1. เสาอากาศแบบรอบตัว (Omni Directional Antenna) เสาอากาศประเภทนี้มีทิศทาง การแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทาง 360 องศา เหมาะสำหรับใช้ติดต่อกับเครื่องลูกข่ายที่ เคลื่อนไหวอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่ไม่แน่นอน

2. เสาอากาศแบบทิศทาง (Directional Antenna) เป็นเสาอากาศที่มีทิศทาง การแพร่กระจายของคลื่นที่มีทิศทางชัดเจน เหมาะสำหรับการติดต่อระหว่างจุดต่อจุด สามารถเพิ่ม ระยะทางการใช้งานได้ไกลกว่าเสาอากาศแบบรอบตัว แต่มีข้อเสียคือถ้าไม่อยู่ในทิศทาง การแพร่กระจายของคลื่นจะไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย

2.7 เทคโนโลยีแบบแถบกว้างยิ่ง(Ultra Wideband Technology)

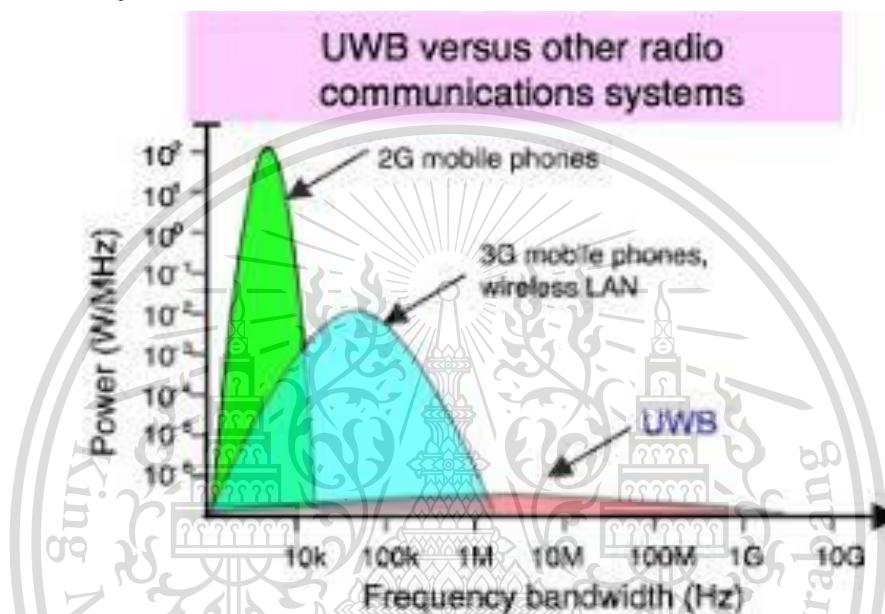
เทคโนโลยีแบบแถบกว้างยิ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีแบนด์วิดท์ของสัญญาณกว้างมีรูปแบบการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของไอทีเอสแอนด์ไอ ผ่านย่านความถี่แถบกว้าง ทำให้สามารถถ่ายโอนข้อมูลได้จำนวนมาก ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และมีการใช้ระดับพลังงานที่ต่ำมาก โดยย่านความถี่สำหรับการประยุกต์ใช้งานของเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์นั้นมีการกำหนดไว้สองช่วงความถี่ คือ 1) ช่วงความถี่ 3.1 – 10.6 GHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่สำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านการสื่อสารภายในอาคาร การเชื่อมต่อภายนอกอาคารความเร็วสูงแบบจุดต่อจุด ด้านการประมวลผลภาพทางการแพทย์และโครงข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย 2) ช่วงความถี่ที่น้อยกว่า 1 GHz เป็นช่วงความถี่สำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านการตรวจสอบวัตถุหรือสิ่งของต่าง ๆ และการตรวจสอบวัตถุที่อยู่ใต้ ผิวดิน เป็นต้น



รูปที่ 2.5 ความถี่แถบกว้างยังเทียบกับความถี่ที่ใช้ในการสื่อสาร

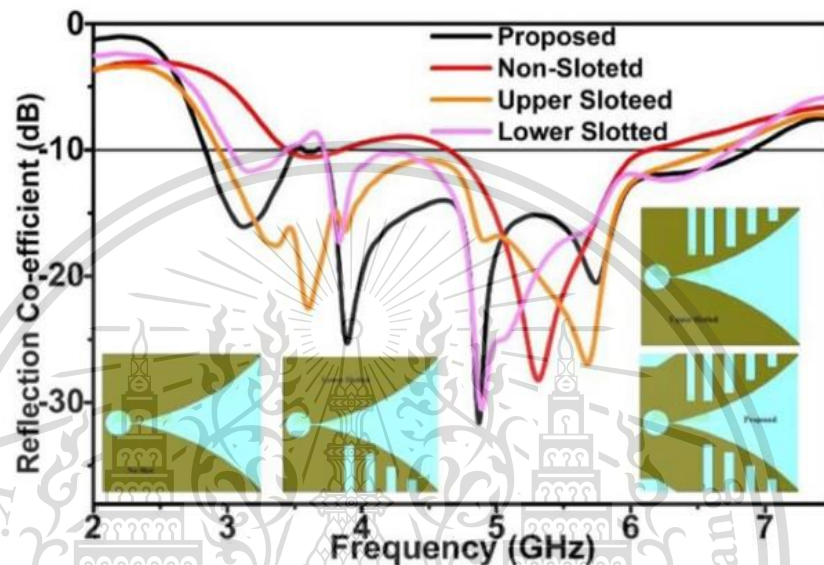
2.8 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนด้วย Network Analyzer

เนื่องจากการกำหนดแรงดันและกระแสที่เกิดขึ้นในสาย (Line) ในย่านความถี่ไมโครเวฟที่ไม่ใช่โหมด TEM เพื่อนำมาคำนวณหาคุณสมบัติต่างๆ ของอุปกรณ์ในทางปฏิบัตินั้นจะกระทำได้ไม่ง่าย จึงจำเป็นต้องทำการวัดขนาด (Magnitude) และเฟสของคลื่นที่เดินทางไปในทิศทางที่กำหนดให้โดยตรง (หรือขนาดและเฟสของ Standing Wave) ดังนั้นในย่านความถี่ไมโครเวฟจึงมีการกำหนดให้พิจารณาในรูปของคลื่นพุ่งกระทบ (Incident Wave) คลื่นสะท้อนกลับ (Reflected Wave) และคลื่นส่งผ่าน (Transmitted Wave) ที่เดินทางผ่านเข้าออกอุปกรณ์หรือโครงข่ายที่มีจำนวน N พอร์ต ในรูปแบบของเมตริกซ์การกระจาย (Scattering Matrix) จึงมีจำนวนของ S-parameter ตั้งแต่ S_{11} จนถึง S_{NN} เช่น ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่มี 2 พอร์ต ก็จะมี S-parameter จำนวน 4 ตัว ได้แก่ S_{11} , S_{12} , S_{21} และ S_{22} เอกสารนี้เป็นสาระที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

S11 ที่ปรากฏในรูปก็คือ Reflection Coefficient (หรือที่เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ตัว Gamma) ซึ่งคิดจากอัตราส่วนระหว่างแรงดันของคลื่นที่สะท้อน (Reflected Wave) ออกมาจากพอร์ต 1 เทียบกับแรงดันของคลื่นที่เราป้อน (Incident Wave) เข้าไปที่พอร์ตเดิมคือพอร์ต 1 ดังนั้นหากโหลดมีสถานะแมตช์กับสายส่ง แรงดันที่สะท้อนออกมาจากพอร์ต 1 จะต้องน้อยกว่าแรงดันที่เราป้อนเข้าไปหรือแทบไม่มีการสะท้อนของแรงดันใดๆ ออกมา



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

2.9 การวิเคราะห์สัญญาณ

การทำอนุกรมฟูเรียร์และฟูเรียร์ทรานสฟอร์มก็เพื่อที่จะดูว่าสัญญาณทาง ไฟฟ้าที่มักจะเห็นในรูปของอาณาจักรของเวลา (time domain) มีองค์ประกอบทางความถี่ (frequency components) ในอาณาจักรของความถี่ (frequency domain) ที่ความถี่ใดบ้าง

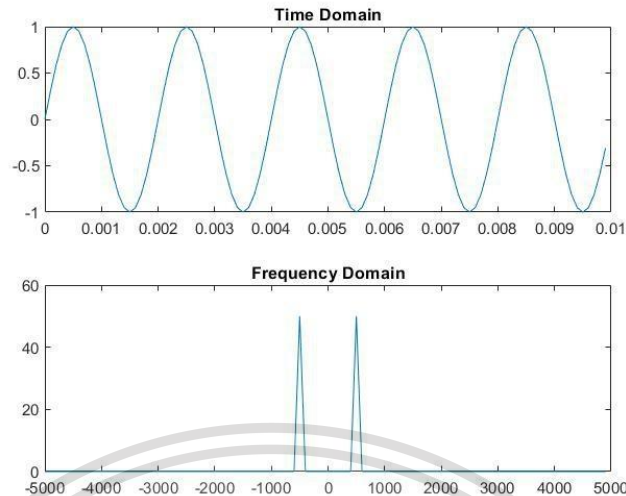
2.9.1 อนุกรมฟูเรียร์

ให้ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันคาบที่มีคาบเท่ากับ 2π และ $f(x)$ และ $f(x')$ มีความต่อเนื่องบนช่วง $-\pi \leq x \leq \pi$ และ ณ ทุกจุด x อนุกรมฟูเรียร์จะลู่เข้าสู่ค่า $(f(x+) + f(x-))/2$ เมื่อ $f(x+)$ และ $f(x-)$ เป็นค่าลิมิตทางซ้ายและลิมิตทางขวา ณ จุด x ตามลำดับ จะเห็นว่า ณ จุด x ที่ฟังก์ชัน $f(x)$ มีความต่อเนื่องอนุกรมฟูเรียร์จะลู่เข้าไปสู่ค่าของ $f(x)$ แต่ถ้า ณ จุด x ที่ฟังก์ชัน $f(x)$ ไม่มีความต่อเนื่อง อนุกรมฟูเรียร์จะลู่เข้าไปสู่ค่าเฉลี่ยของลิมิตทางซ้ายและ ลิมิตทางขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

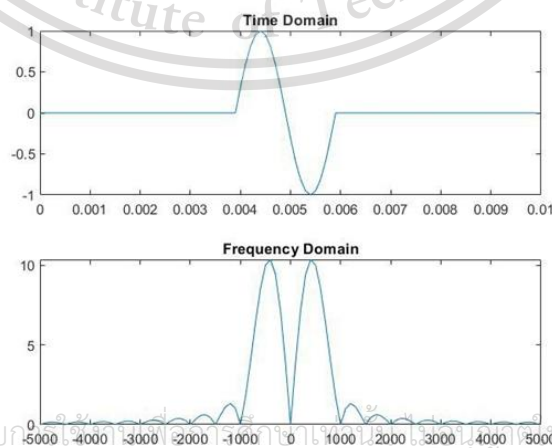
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.7 กราฟแสดง sinewave แบบต่อเนื่องใน time domain และ frequency domain

2.9.2 อนุกรมฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม

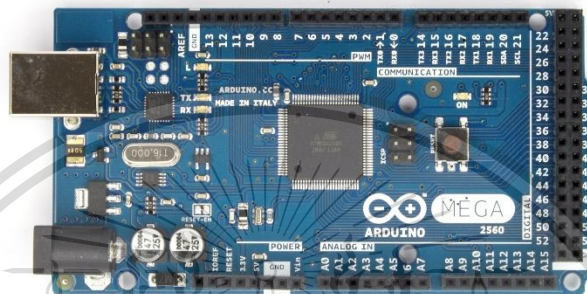
การทำฟูเรียร์คือการแปลงรูปสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบของอนุกรม ของ sine, cosin ด้วยการแปลงลักษณะนี้ทำให้สัญญาณที่เป็น square wave หรือ pulse สามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันที่เป็นคาบสมการที่อ้างอิงตามเวลา เช่น $f(x) = \sin(x)$ ก็หมายถึง รูปคลื่น sine ที่อ้างอิงตามเวลา ถ้าอย่างนี้ถือว่าเป็นฟังก์ชันครบรอบ และเป็น ลิเนียร์ การที่จะมองว่า ฟังก์ชันไหนเป็นลิเนียร์ เราต้องดูว่าฟังก์ชันนั้น ถ้าแทนค่าๆหนึ่งลงไป ในที่นี้คือ t ถ้าให้ค่า t เป็นค่าอะไรสักอย่าง จะให้ผลลัพธ์เป็นค่า ๆ เดียวหรือไม่ ถ้าเป็น $\sin(x)$ แน่แน่นอนว่าผลลัพธ์เป็นค่า เดียว แต่ถ้าเป็นสัญญาณพัลส์ มันไม่ใช่ค่าเดียว รูปคลื่น sine สังเกตได้ว่า ไม่ว่าจะที่ x ใด จะให้ค่า y เป็นค่า ๆ เดียว แต่ในรูปสัญญาณพัลส์ เห็นได้ว่า x จำนวน 1 ค่ากลับให้ผลลัพธ์ออกมาเป็น 2 ค่า ในเวลาเดียวกัน (ไม่ -1 ก็ 1) ถ้ารูปสัญญาณเป็นลักษณะนี้ถือว่าเป็น non linear ในวงจร ดิจิตอล ทั้งหมดเราทำงานบน non linear สำหรับในคณิตศาสตร์จะเรียกสมการที่เกี่ยวข้องกับ non linear ว่าเป็น discrete คือความไม่ต่อเนื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.8 กราฟแสดง sinewave แบบ short pulse ใน time domain และ frequency domain
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่มมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 Arduino

Arduino คือโครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไลบรารีของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมนมาก เป็นเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี



รูปที่ 2.9 Arduino MEGA

2.11 รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์

2.11.1 ส่วนประกอบของรีเลย์

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนียวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนียวนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง



รูปที่ 2.10 Relay module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

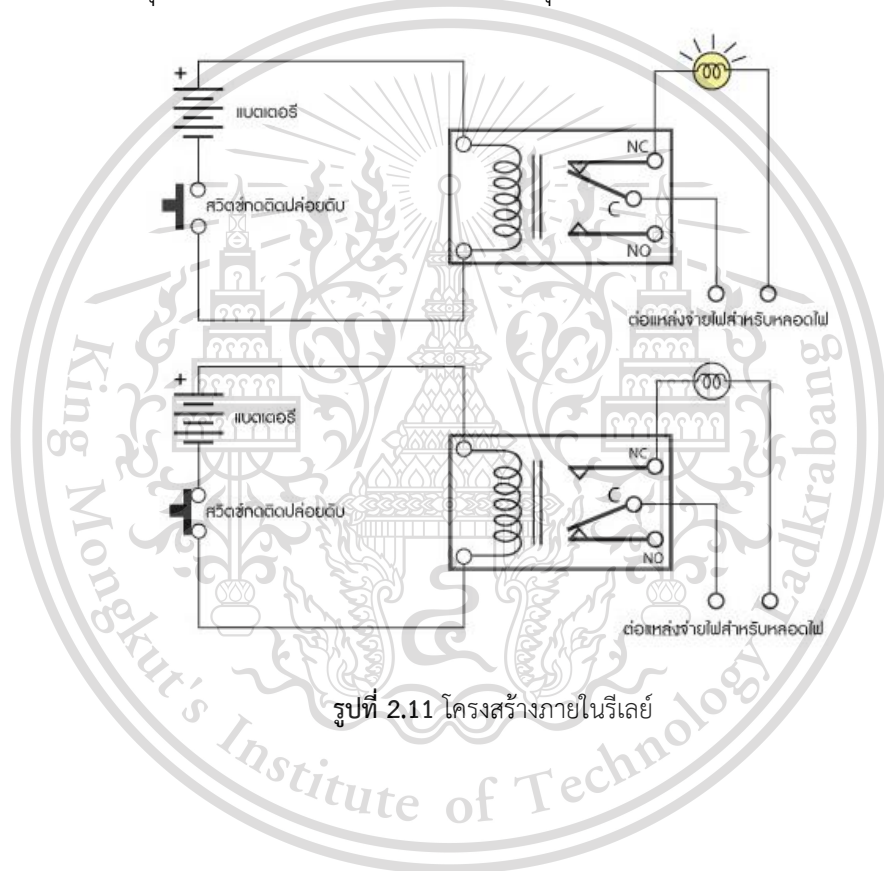
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.11.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐาน

1. จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟ ให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

2. จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟ ให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่น โคมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน

3. จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดรวมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในรีเลย์

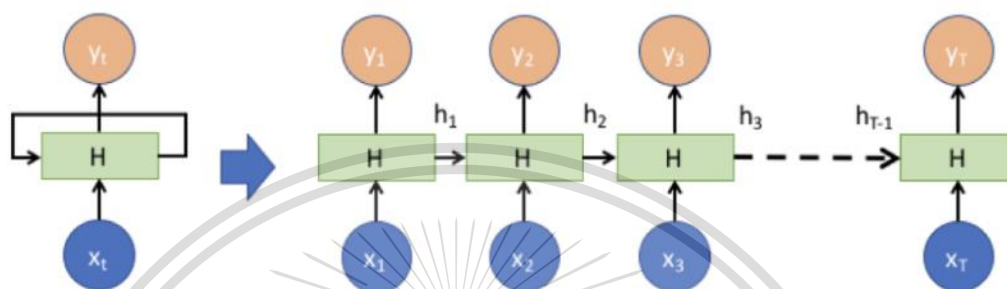
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.12 Recurrent Neural Network (RNN)

Recurrent Neural Network (RNN) การใช้งานหลักๆคือเพื่อใช้งานกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นลำดับ (sequence) เช่น video (sequence of images) หรือ text (sequence of words) ทั้งนี้เพื่อให้เข้าใจภาพการทำงานของ RNN ขอยกตัวอย่างการทำ sequential data โดยขอเทียบกับการอ่านหนังสือของคนว่าการอ่านหนังสือมันเป็น sequential data อย่างไร



รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของ RNN

โดยที่

H = hidden layer

x_t = input data ที่เวลา t

y_t = output จาก RNN ที่เวลา t

h_t = hidden state ที่เวลา t

มันเป็นลำดับของคำที่ต่อกัน (sequence of words) เวลานั่งอ่านหนังสือก็จะอ่านทีละคำๆ จากซ้ายไปขวา การที่เราสามารถรู้เรื่องได้ว่าประโยคที่เรากำลังอ่านนั้นเกี่ยวกับอะไร เราก็เอาเรื่องราวจากสิ่งที่เราอ่านผ่านไปแล้ว (เรียกว่า hidden state หรือ state ก่อนหน้า) มาผสมกับคำที่เราเพิ่งจะอ่านไป (input data หรือ คำที่เรากำลังอ่าน ณ ตอนนั้น) ทำให้เราเข้าใจความหมายในส่วนตรงที่กำลังอ่านได้ ซึ่ง RNN ก็ใช้หลักการเดียวกัน คือ การปรับรูปแบบของ Neural network เดิม เพื่อให้สามารถเอา state หรือความรู้ก่อนหน้า มาบวกกับ input data ตัวใหม่ที่เข้ามา เพื่อทำความเข้าใจไปเรื่อยๆ

จากรูปที่ 2.12 ทางซ้ายแสดงให้เห็นว่ามี loop ที่วนกลับเข้ามาที่ hidden layer ของ Neural Network สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งของ RNN คือ hidden state ก่อนหน้า และ input data ตอนนั้น ประโยชน์หลักๆ ของ loop อันนี้ก็คือที่จะนำ hidden state ก่อนหน้ากลับมาใช้ (หรือเราอาจจะมองว่า RNN มันก็คือ Neural Network ที่มี memory เพิ่มขึ้นมา เพื่อเก็บค่า hidden state ที่ได้คำนวณเอาไว้ก่อนหน้า) ส่วนในรูปที่ 1 ทางขวาเป็นรูปที่คลี่รูปทางซ้ายออกมาแล้วเพื่อแสดงการทำงานเป็นที่ละขั้นตอน (ทั้งหมดเป็นการแสดง RNN ตัวเดียวกันหมด แต่ว่าแสดงความเป็น sequence ออกมา)

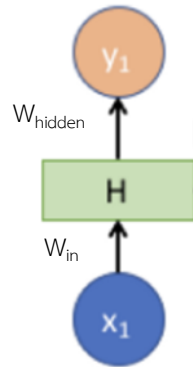
สมการของ Recurrent Neural Network เมื่อเวลาเริ่มต้น

$$h(t) = x(t)W_{in} + b$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

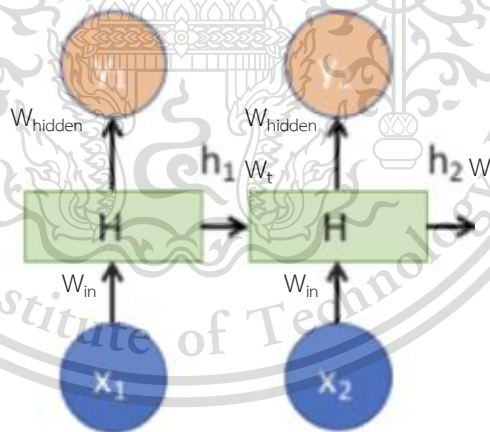


รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมขั้นแรกของ RNN

ในการคำนวณ $h(t)$ ชั้นแรกสุดหรือ $t = 1$ จะเริ่มจาก input ตัวที่ 1 ซึ่งจะมีขนาด $[m,n]$ และขนาดของ W_{in} จะมีขนาดเป็น $[n,a]$ หลังจากนั้นบวกด้วย bias ที่มีขนาด $[1,a]$ จะได้ผลลัพธ์ที่มีขนาด $[m,a]$ ซึ่งเราจะนำผลลัพธ์นี้ไปใส่ใน Activation function \tanh เพื่อแปลงค่าจากกระบวนการนี้ และ output ที่ออกมาคือ y_1 ซึ่งเราจะสามารถใช้เป็นค่าสุดท้ายที่เราต้องการเลยก็ได้ หรือจะนำค่า y_1 นี้เป็นค่า input ของ hidden layer ต่อไป เพื่อทำให้เพิ่ม W_{hidden} เพิ่มขึ้นทำให้ model อาจจะมีค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้น

สมการของ Recurrent Neural Network เมื่อเวลาต่อมา

$$h(t) = x(t)W_{in} + h(t-1)W_t + b$$



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมเมื่อส่งข้อมูลไปหา hidden state ถัดไป

ต่อมาจะเป็นการคำนวณที่ $t > 1$ จะเห็นว่าการที่จะคำนวณ hidden state ที่เวลา t ที่ต่อไปนั้น ออกมาได้ นั้น $h(t)$ ก็จะต้องใช้ 2 ตัวแปรสำคัญคือ hidden state ก่อนหน้า (h_{t-1}) และ input data ณ ตอนนั้น $x(t)$ โดยที่ ขนาดของ $x(t)$ คือ $[m,n]$ และขนาดของ W_{in} คือ $[n,a]$ จะได้ผลลัพธ์หลังจากตรงนี้เป็น $[m,a]$ หลังจากนั้นบวกด้วยทั้ง bias ที่มีขนาด $[1,a]$ และค่าจาก hidden stage ก่อนหน้านี้ที่มีขนาด $[m,a]$ ซึ่งถูกคูณด้วย W_t ที่มีขนาด $[a,b]$ จะได้ผลลัพธ์ที่มีขนาด $[m,x]$ ซึ่งเราจะนำผลลัพธ์นี้ไปใส่ใน

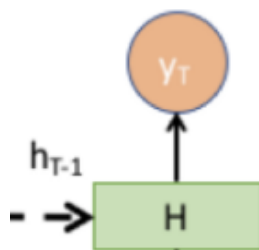
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Activation function tanh เพื่อแปลงค่าจากกระบวนการนี้ และ output ที่ได้ออกมาอาจจะนำไปเข้าเป็น input ในขั้นต่อไปก็ได้ หรือจะนำไปเป็นผลลัพธ์เพื่อนำไปใช้งานเลย

สมการของ Recurrent Neural Network เมื่อเวลาสุดท้าย



รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมขั้นสุดท้าย

ต่อมาจะเป็นการคำนวณที่ t สุดท้าย จะเห็นว่าการที่จะคำนวณ hidden state ที่เวลา t สุดท้ายนั้นออกมาได้ $h(t)$ ก็จะต้องใช้ 2 ตัวแปรสำคัญคือ hidden state ก่อนหน้า $h(t-1)$ และ input data ณ ตอนนั้น $x(t)$ ตัวสุดท้าย โดยที่ ขนาดของ $x(t)$ คือ $[m,n]$ และขนาดของ W_{in} คือ $[n,a]$ จะได้ผลลัพธ์หลังจากตรงนี้เป็น $[m,a]$ หลังจากนั้นบวกด้วยทั้ง bias ที่มีขนาด $[1,จำนวน class]$ และค่าจาก hidden stage ก่อนหน้านี้ที่มีขนาด $[m,x]$ ซึ่งถูกคูณด้วย W_{h} ที่มีขนาด $[a,จำนวน class]$ จะได้ผลลัพธ์ที่มีขนาด $[m,จำนวน class]$ ซึ่งเราจะนำผลลัพธ์นี้ไปใส่ใน Activation function softmax เพื่อแปลงค่าจากกระบวนการนี้เป็นค่าที่เรากำหนดเอาไว้เป็นค่าผลลัพธ์ที่เราจะนำไปใช้งาน

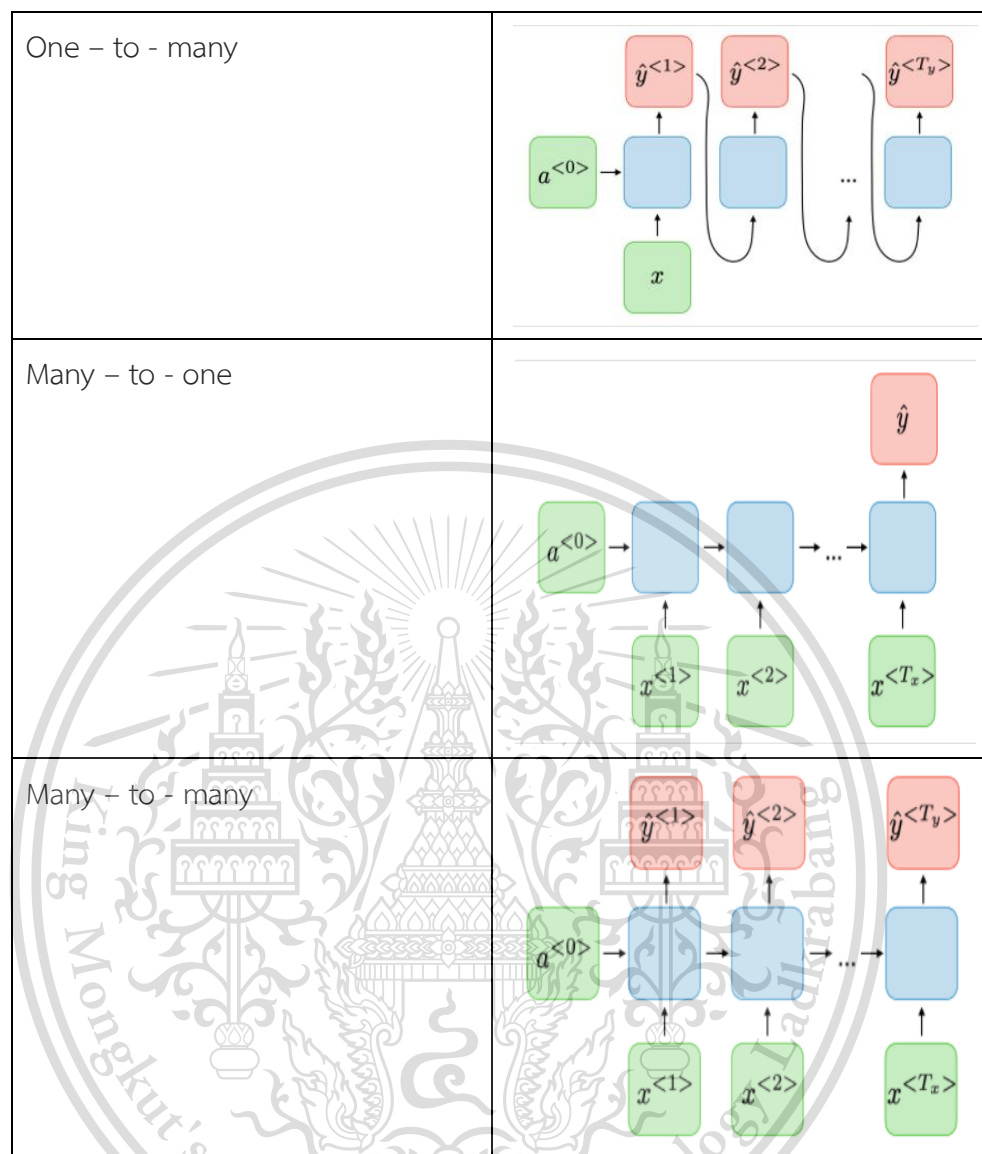
ตารางที่ 2.12.1 รูปแบบของ RNN

ประเภทของ RNN	ภาพประกอบ
One - to - one	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



2.13 Backpropagation through time

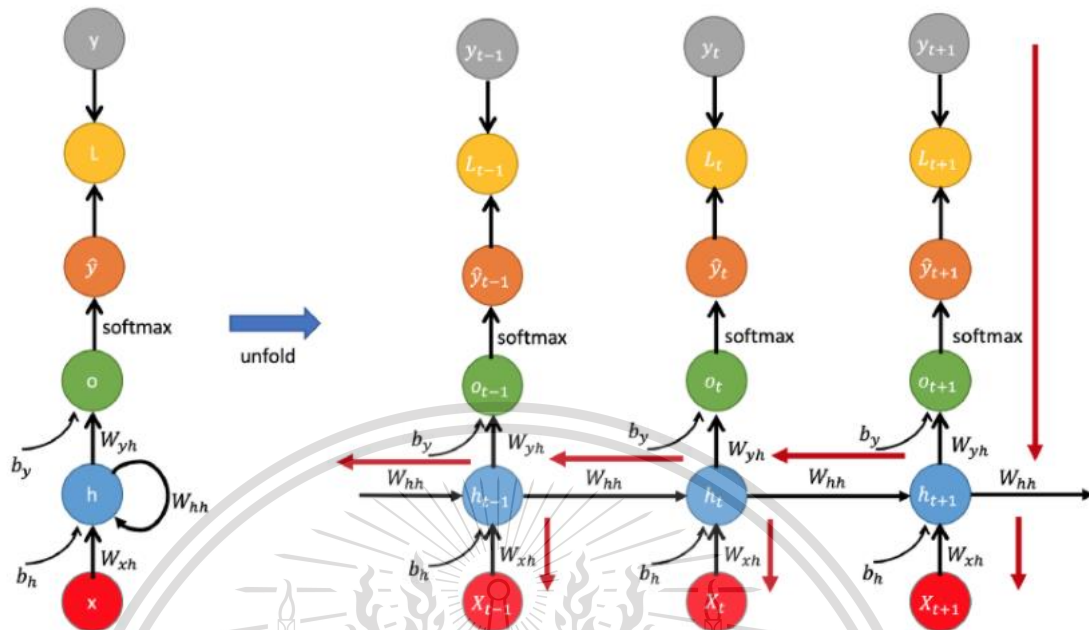
Backpropagation คือ วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณอนุพันธ์และการประยุกต์ใช้กฎลูกโซ่อนุพันธ์ เพื่อที่จะให้อัลกอริทึมของเราพัฒนาค่าปรับปรุงค่า weight ในโครงข่ายต่างๆของเรา เพื่อที่จะลดข้อผิดพลาดของอัลกอริทึมให้น้อยที่สุด

Backpropagation through time หลักการคล้ายการทำงานของ backpropagation แต่เป็นการคำนวณผลลัพธ์ข้อผิดพลาดทุกผลลัพธ์แบบสะสมในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะต่างจาก backpropagation ที่คิดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งแค่เวลาเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของ Backpropagation through time

โดยที่

x คือ input data

h คือ hidden layer

o คือ hidden layer ชั้นสุดท้าย

\hat{y} คือ ค่าที่ผ่าน softmax แล้ว

L คือ การเทียบผล \hat{y} กับ y

y คือ ค่าผลลัพธ์ที่ถูกกำหนดเอาไว้

วิธีการ Backpropagation through time

1. ทำการ train และ propagate ผ่านโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ค่าๆ หนึ่งออกมา
2. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่คาดการณ์ไว้กับผลลัพธ์ที่คาดหวังและคำนวณข้อผิดพลาด
3. คำนวณอนุพันธ์ของข้อผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักเครือข่าย
4. ปรับน้ำหนักเพื่อลดข้อผิดพลาด
5. ทำซ้ำ

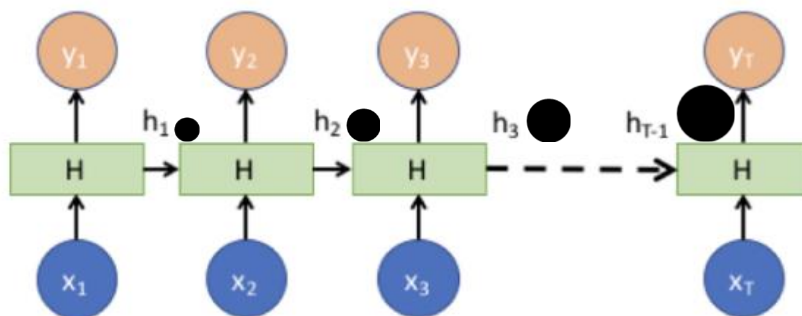
ในการทำกระบวนการนี้ถ้าหากเรามีลำดับที่ยาวเกินไปจะเห็นว่าค่าของ weight จะมีการปรับจากขวาไปซ้ายและบนไปล่างจะทำให้ข้อมูลในช่วงแรกอาจจะมีข้อผิดพลาดได้จากอัลกอริทึมนี้ โดยที่ค่า weight ของเรานั้นอาจจะมีค่ามากเกินไปหรือน้อยมากเกินไปก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

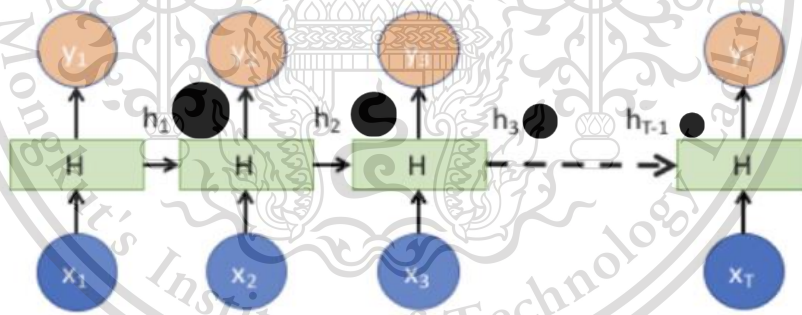
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.14 Vanishing/Exploding Gradients ใน RNN



รูปที่ 2.17 ขนาดของ weight เมื่อเกิด Exploding Gradients

Vanishing Gradient Problem คือ ปัญหาที่เกิดขึ้นในบางเคส เราพบว่าในระหว่างการเทรน Gradient มีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ จนเท่ากับ 0 ทำให้ Weight ไม่ถูกอัปเดตอีกต่อไป ทำให้โมเดลเทรนต่อไม่ได้ ตัวอย่างจากรูปที่ 2.17 ถ้าเรามีขนาดลำดับข้อมูลที่ยาวมากและค่า weight มีค่าน้อยตั้งแต่ทางขวาสุดแล้วจะทำให้อัลกอริทึมของเราจะสนใจแค่ข้อมูลที่ถูกส่งเข้ามาเฉพาะช่วงท้ายๆ เท่านั้นเพราะค่า weight มีการปรับอยู่ตลอด แต่ข้อมูลในช่วงแรกๆอาจจะไม่มีการปรับเลยเนื่องจากค่า weight ที่ถูกส่งต่อมามีขนาดเล็กเกินไป



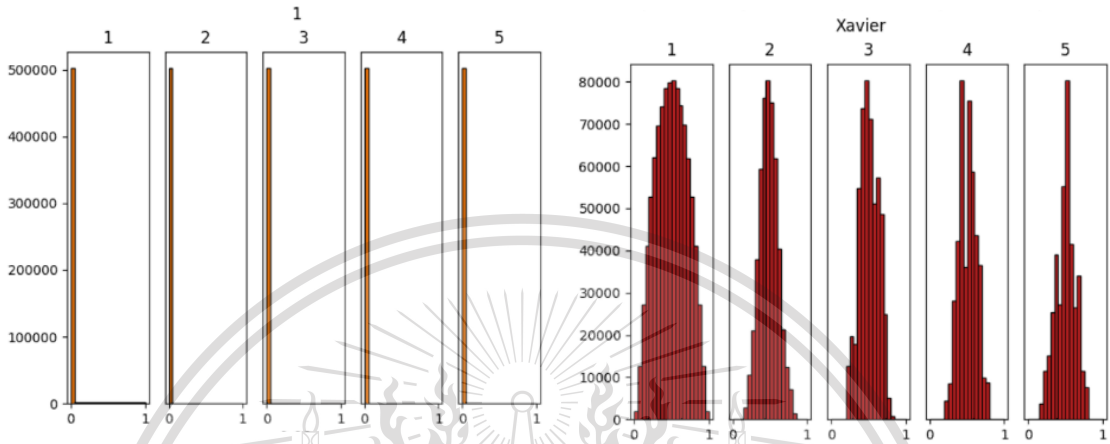
รูปที่ 2.18 ขนาดของ weight เมื่อเกิด Vanishing Gradients

Exploding Gradient Problem คือ ปัญหาตรงข้ามกับ Vanishing Gradient Problem เราพบว่าในระหว่างการเทรน Gradient มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนเท่ากับ Infinity หรือ Not a Number (NaN) หมายถึง ตัวเลขเกินที่ระบบจะรับไหว ทำให้โมเดลเทรนต่อไม่ได้ ต้อง Reset โมเดล แล้วเริ่มเทรนใหม่

การแก้ปัญหา Vanishing Gradient Problem และ Exploding Gradient Problem สามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้ weight initialization ที่มีชื่อว่า Xavier initialization หรือ Glorot initialization

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ดี แต่หากกำหนดน้ำหนักเริ่มต้นทุกตัวเป็น 0 หมดเท่ากับว่าทุกเซลล์จะมีการคำนวณที่เหมือนกันหมด ตั้งแต่แรก พอเวลาปรับค่าน้ำหนักก็จะถูกปรับไปในทิศทางเดียวกันหมด เมื่อทุกตัวเหมือนกัน การมีเซลล์ประสาทหลายตัวก็ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อะไร นี่คือเหตุผลที่จะให้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นเป็น 0 ไม่ได้ โดยค่า weight ที่ได้จาก Xavier initialization จะมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.19 กราฟด้านซ้ายแสดงถึงค่า weight เริ่มต้นเป็น 0 และกราฟด้านขวาแสดงถึง weight เริ่มต้นแบบ Xavier initialization

2.15 Underfitting และ Overfitting



รูปที่ 2.20 Underfitting

ปัญหานี้เกิดจากการที่โมเดลเราไม่สามารถฟิตกับข้อมูลได้ดีเท่าที่ควร เรียกว่าโมเดลมี Bias หรือโมเดลนั้น Underfit โดยในภาพจะเห็นว่าโมเดลได้ลากเส้นแบ่งการตัดสินใจ แต่ในโซนสีน้ำเงิน (สมมุติว่าแทนคำตอบว่า "ใช่") กลับมีข้อมูลสีแดงประเภท "ไม่ใช่" อยู่ และกลับกัน ในโซนแดง ก็มีข้อมูลสีน้ำเงินอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุของปัญหา Bias มีหลักๆ ดังนี้:

1. ข้อมูล Train set มีขนาดเล็กเกินไป โมเดลจึงไม่มี Information เพียงพอที่จะเรียนรู้ว่าควรตั้ง Parameter เท่าใดจึงจะเข้าได้กับข้อมูลส่วนมาก
2. การตั้ง Hyperparameter ไม่เหมาะสมกับข้อมูล เช่น ตั้ง Learning rate สูงเกินไป หรือการตั้งจำนวนครั้งในการ Iterate น้อยเกินไป (ส่งผลเหมือนกับการบังคับให้โมเดลหยุดการทำงานก่อนกำหนด ทำให้ Algorithm ไม่สามารถหา Global minimum พบได้)
3. เราเลือกใช้ Algorithm ที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูล หรือกำหนดโครงสร้าง Algorithm ไม่เหมาะสมกับข้อมูล โดยมีความซับซ้อนน้อย หรือ Neural networks มีจำนวน Layer และจำนวน Neuron ในแต่ละ Layer ไม่เพียงพอกับความซับซ้อนของข้อมูล

วิธีการแก้ไขปัญหานี้ เช่น การเพิ่มจำนวน Training set, การลด Learning rate, การเลือก Algorithm ที่เหมาะสมขึ้น



รูปที่ 2.21 Overfitting

ปัญหานี้เรียกว่า โมเดลมี Variance สูง หรือโมเดลได้ Overfit ข้อมูล ซึ่งมีลักษณะกลับกันกับปัญหา Bias/underfit กล่าวคือ โมเดลพยายาม "รู้ดี" จนเกินไป ด้วยการฟิตตัวเองเข้ากับข้อมูลใน Train set ทุกๆ รายการอย่างถูกต้อง แต่การทำอย่างนี้ไม่ได้แปลว่าขอบเขตการตัดสินใจที่เกิดขึ้นจะฟิตกับข้อมูลอื่นๆ ที่โมเดลไม่เคยเห็น ซึ่งทดสอบได้จากการพยากรณ์ด้วย Test set

สาเหตุของปัญหา Variance มีหลักๆ ดังนี้:

1. ข้อมูล Test set มีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ไม่เป็นตัวแทนที่ดีในการทดสอบ
2. ข้อมูล Train set และ Test set มีลักษณะการกระจายตัวที่แตกต่างกันมาก ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่าย หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต การแก้ไขข้อมูล Train set / Test set อย่างถูกต้องตั้งแต่แรก หรือการเก็บข้อมูล Train set คนละครั้ง หรือจากคนละแหล่งที่มา กับ Test set

3. จำนวน Feature มากเกินไป ทำให้โมเดลมีความซับซ้อนจนเกินไป อาจแก้ด้วยการตัด Feature ที่คิดว่าไม่ได้ส่งผลจากผลลัพธ์ออก แต่ก็เสี่ยงเพราะเราไม่รู้ได้ยากว่า Feature ไหนสำคัญมากน้อย

4. Algorithm ขาดหรือไม่ได้ใช้กลไกการลดขนาดน้ำหนัก ที่เรียกว่า Regularization

ดังนั้น ทางแก้คือให้พิจารณาว่า Test set มีขนาดเพียงพอหรือไม่ และมีการกระจายตัวเหมือน Train set หรือไม่ ถ้าสองปัจจัยนี้ผ่าน ก็มาถึงการใช้เทคนิค Regularization

Regularization คือเทคนิคการ "ลดขนาดน้ำหนัก" ของ Parameter ต่างๆ ในโมเดล ซึ่งจะให้น้ำหนักของ Parameter ต่างๆ ลดลง ส่งผลให้โมเดลลดความซับซ้อนลง จึงเพิ่มโอกาสที่โมเดลจะสามารถพิตกับข้อมูลที่ไม่เคยมองเห็น เช่น Test set ได้มากขึ้น โดยจะมี 2 ประเภทคือ Lasso regression(L1) และ Ridge regression(L2)

สมการของ Lasso regression(L1)

$$\sum_{i=0}^n (y_i - \sum_{j=0}^m x_{ij} W_j)^2 + \lambda \sum_{j=0}^m |W_j|$$

สมการของ Ridge regression(L2)

$$\sum_{i=0}^n (y_i - \sum_{j=0}^m x_{ij} W_j)^2 + \lambda \sum_{j=0}^m W_j^2$$

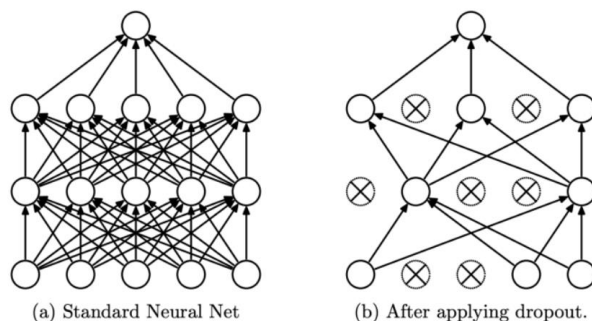
ข้อแตกต่างสำคัญระหว่าง Ridge regression ที่ใช้ L2 regularization กับ Lasso regression ที่ใช้ L1 regularization ก็คือ Lasso มีแนวโน้มจะตัด Feature ที่มีความสำคัญน้อยมากๆ ออกไปเลย ซึ่งก็คือการลดจำนวน Feature อัตโนมัติแทนเรา ตรงกันข้ามกับ Ridge ที่จะรักษา Feature ทั้งหมดไว้

อีกหนึ่งวิธีการแก้ไขคือ Dropout เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจ Overfitting ซึ่งก็คือ การที่เราใช้ parameter ในการเทรนมากเกินไป จนโมเดลซับซ้อนเกินไป แต่ถ้าจะให้ตัดพารามิเตอร์เหลือน้อย ถ้าน้อยเกินไป ก็จะทำให้เกิดปัญหา underfitting คือโมเดลง่ายเกินไปจนเทรนได้ไม่ดี ดังนั้น เรามีวิธีแก้ปัญหาคือ Dropout ลดขนาดของพารามิเตอร์บางส่วนลงไป โดยในทุกขั้นตอนการ Train จะมีการกำหนดความน่าจะเป็น p เพื่อตัด parameter ออกไปไม่ให้ใช้ในการ Train เช่นถ้าเราปรับ p = 0.5 แสดงว่า parameter มีโอกาส 50% ที่จะไม่ได้ใช้ในการ Train

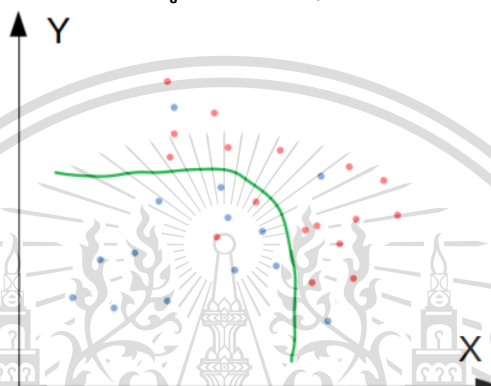
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.22 Dropout



รูปที่ 2.23 โมเดลที่ดี

เราต้องการโมเดลที่มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้ทั้งใน Train set และ Test set

2.16 วัดประสิทธิภาพ Model จาก Confusion Matrix

Confusion Matrix คือตารางสำคัญในการวัดความสามารถของ machine learning ในการแก้ปัญหา classification

การที่จะนำโมเดลใช้งานจริงได้นั้น จำเป็นต้องมีการวัดประสิทธิภาพโมเดล ก่อนว่าโมเดลนั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำมาพัฒนา หรือนำไปใช้งานด้านต่างๆ ซึ่งการวัดประสิทธิภาพนั้นส่วนใหญ่จะวัดค่าจากใน Table ข้อมูลที่มี (Confusion Matrix)

		Actual Values	
		Positive (1)	Negative (0)
Predicted Values	Positive (1)	TP	FP
	Negative (0)	FN	TN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Actual values กับ Predicted values ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

True Positive (TP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า “จริง” และมีค่าเป็น “จริง”

True Negative (TN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า “ไม่จริง” และมีค่า “ไม่จริง”

False Positive (FP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า “จริง” แต่มีค่าเป็น “ไม่จริง”

False Negative (FN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า “ไม่จริง” แต่มีค่าเป็น “จริง”

โดยทั่วไปแล้วจะมีตัววัดที่นิยมใช้กันในงานวิจัยและการทำงานต่างๆ อยู่ 3 ค่า และสมการ คือ

1. Precision เป็นการวัดความแม่นยำของข้อมูล โดยพิจารณาแยกที่ละคลาส

$$\frac{TP}{TP + FP}$$

2. Recall เป็นการวัดความถูกต้องของ Model โดยพิจารณาแยกที่ละคลาส

$$\frac{TP}{TP + FN}$$

3. Accuracy เป็นการวัดความถูกต้องของ Model โดยพิจารณารวมทุกคลาส

$$\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

F1-Score คือค่าเฉลี่ยแบบ harmonic mean ระหว่าง precision และ recall สร้าง F1 ขึ้นมา เพื่อเป็น single metric ที่วัดความสามารถของโมเดล (ไม่ต้องเลือกระหว่าง precision, recall เพราะเฉลี่ยให้แล้ว)

$$F1 = 2 * \left(\frac{\text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \right)$$

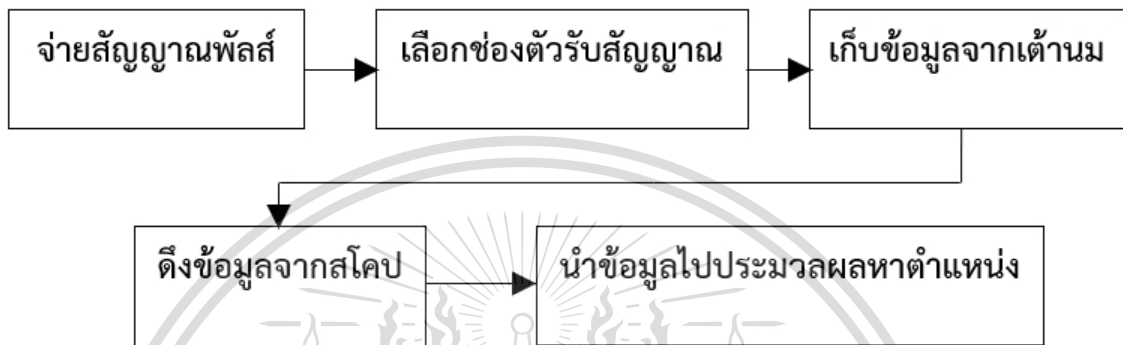
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

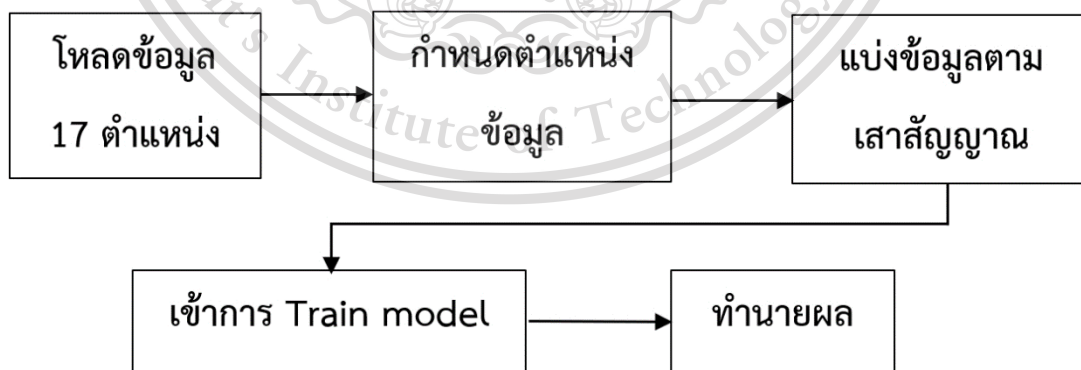
3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน

เริ่มต้นจากการจ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 5.6 GHz ขนาด 1 โวลต์ peak to peak ระยะเวลาการส่ง 8.04 ns ต่อหนึ่งลูกคลื่น หลังจากนั้นกดสวิตช์ LED & KEY เพิ่มเลือกช่องจากการรับสัญญาณ การกดนั้นจะขยับช่องสัญญาณไปที่ละช่อง ทั้งหมดจำนวน 9 ตัวรับสัญญาณ เพื่อเก็บข้อมูลให้ได้ครบถ้วนทุกตำแหน่ง และในขณะที่เลื่อนไปที่ละช่องสัญญาณ จะทำการดึงข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์

3.2 บล็อกไดอะแกรมการนำข้อมูลไปประมวลผล



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของการนำข้อมูลไปประมวลผล

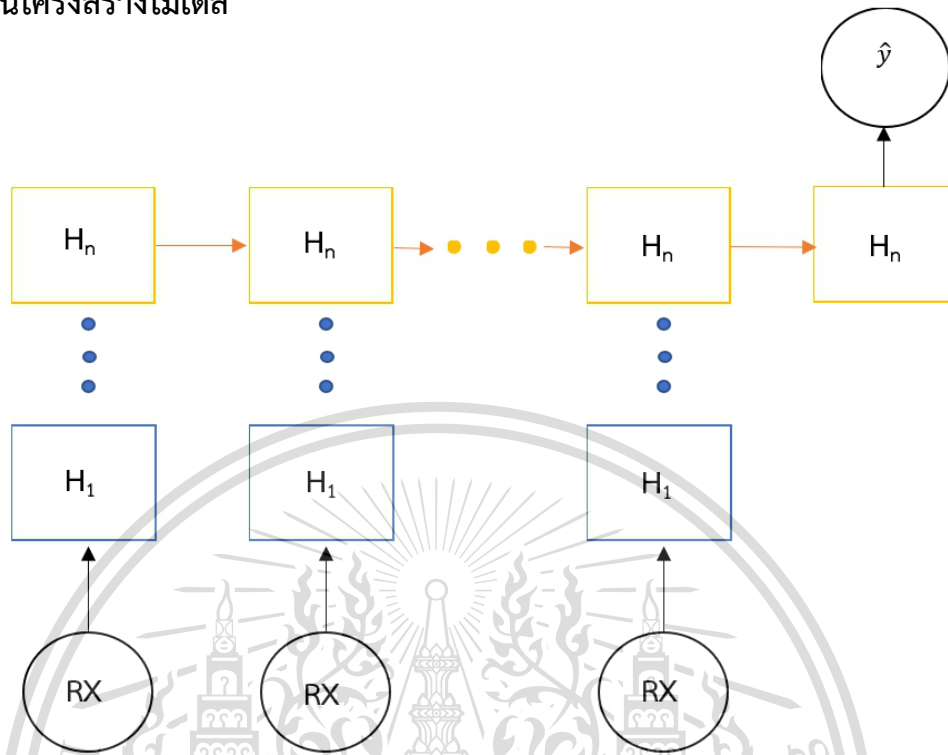
เริ่มต้นจากนำข้อมูลที่เก็บมาระบุตำแหน่งให้ครบ 17 ตำแหน่งหลังจากนั้นแบ่งข้อมูลเป็น Train และ Test เพื่อเข้าโมเดลและทำนายผล

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

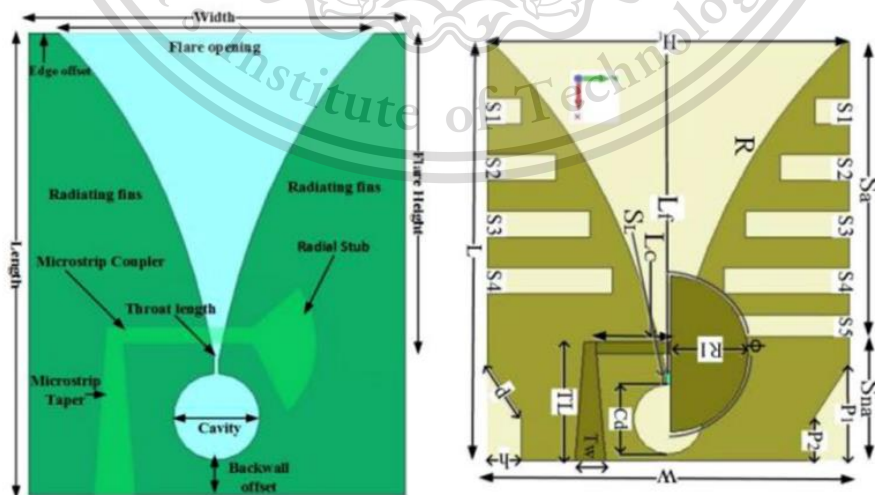
3.3 แผนโครงสร้างโมเดล



รูปที่ 3.3 แผนโครงสร้าง Model

Input จะมีทั้งหมด 9 เสาสัญญาณ โดยแต่ละเสาสัญญาณจะเรียนรู้ผ่านแต่ละชั้นเป็นจำนวน H_n ชั้นและที่ชั้นสุดท้ายจะทำการส่งผลทำนายของเสาสัญญาณนั้นไปให้อีกเสาสัญญาณ และออกผลลัพธ์เป็นตำแหน่งสุดท้ายซึ่งได้ถูกทำนายและถูกส่งต่อมากันทั้ง 9 เสาสัญญาณ

3.4 การออกแบบสายอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานรูปที่ 3.4 ขนาดของสายอากาศอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.5 สายอากาศที่ใช้ทำการทดลอง

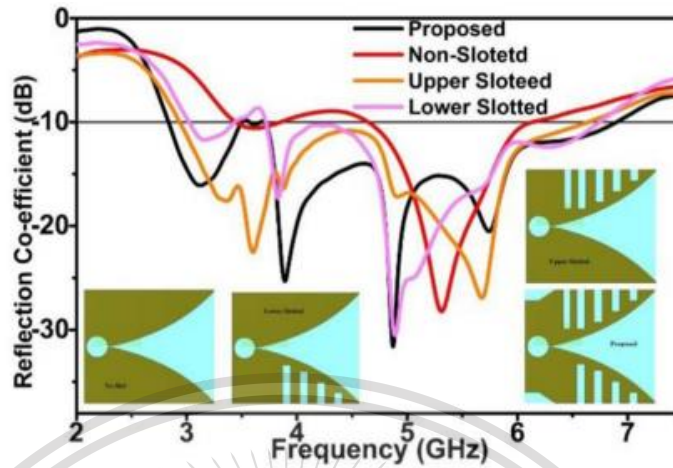
ตารางที่ 3.4.1 ขนาดของสายอากาศ

ตัวแปร	ค่า (mm)	ตัวแปร	ค่า (mm)
Length (L)	51	Opening rate (R)	0.04
Width (W)	42	Stub Radius (R1)	9
Flare Height (Hf)	41	Stub angle (deg)	180
Flare length (Lf)	38	Cavity Diameter (Cd)	8
Slotted area (Sa)	36	Cavity Distance (C0)	0.76
No slotted area (Sna)	15	Tapered Width (Tw)	3.5
Slot-line width (Sw)	0.5	Tapered Length (TL)	13
Coupler width (Wc)	1.4	Quadrilaterals inner (P2)	5.07
Coupler Length (Lc)	9	Quadrilaterals height (h)	4
Slot-line length (SL)	1.5	Quadrilaterals cross (d)	6.08
Quadrilaterals outer(P1)	11.15	S1	4x3
S2	8x3	S3	12x3
S4	14.5x3	S5	14.5x2.5
x-axis	3.5		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับภา ใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

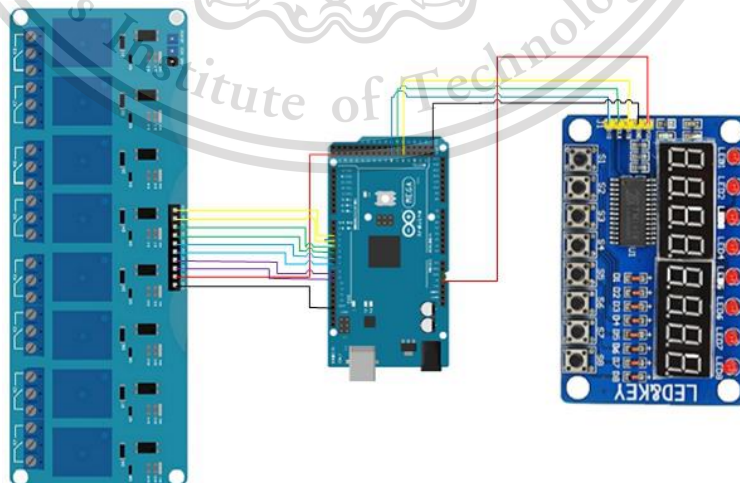


รูปที่ 3.6 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11)

ตารางที่ 3.4.2 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11)

รูปแบบ	ช่วงความถี่ (GHz)
Reflection coefficient (S11) without slots	3.40–6.08
Lower slots reflection coefficient (S11)	3.04–6.70
Upper slots reflection coefficient (S11)	3.00–6.70
Proposed (S11)	2.80–7.00

3.5 วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณ

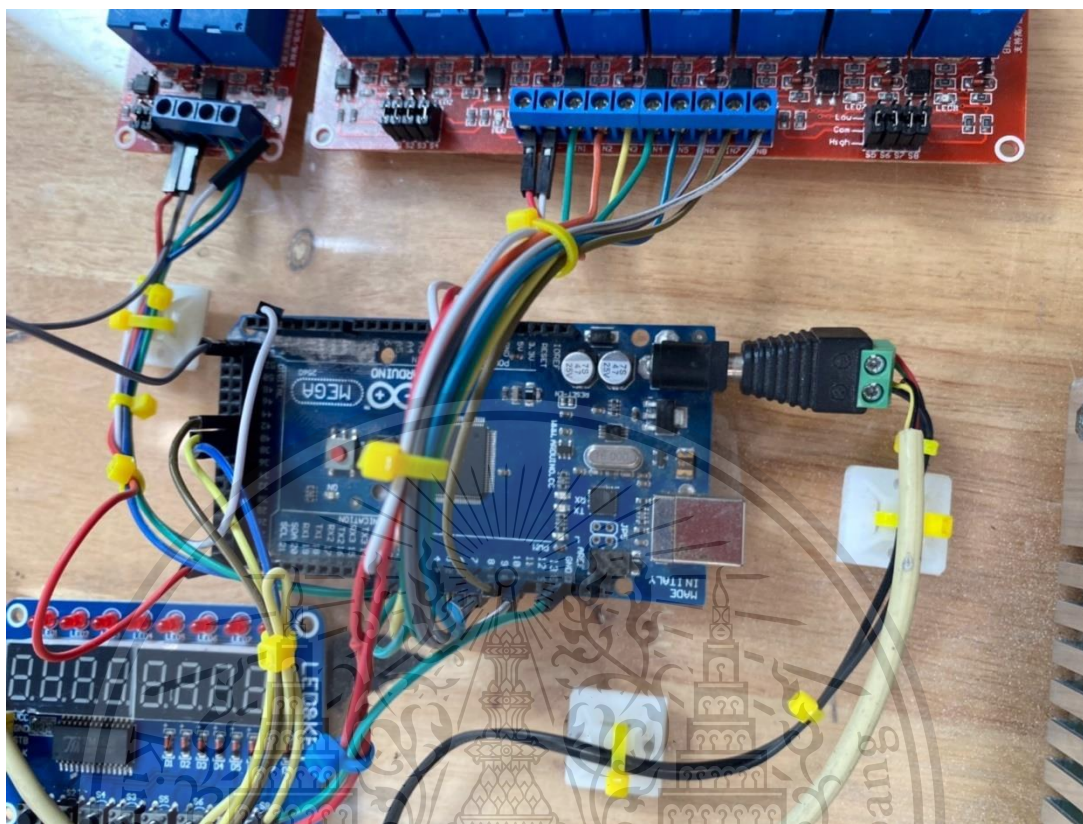


รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในขององค์กรเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณที่ใช้ทำทดลอง

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงการต่อวงจรควบคุมช่องทางรับสัญญาณ

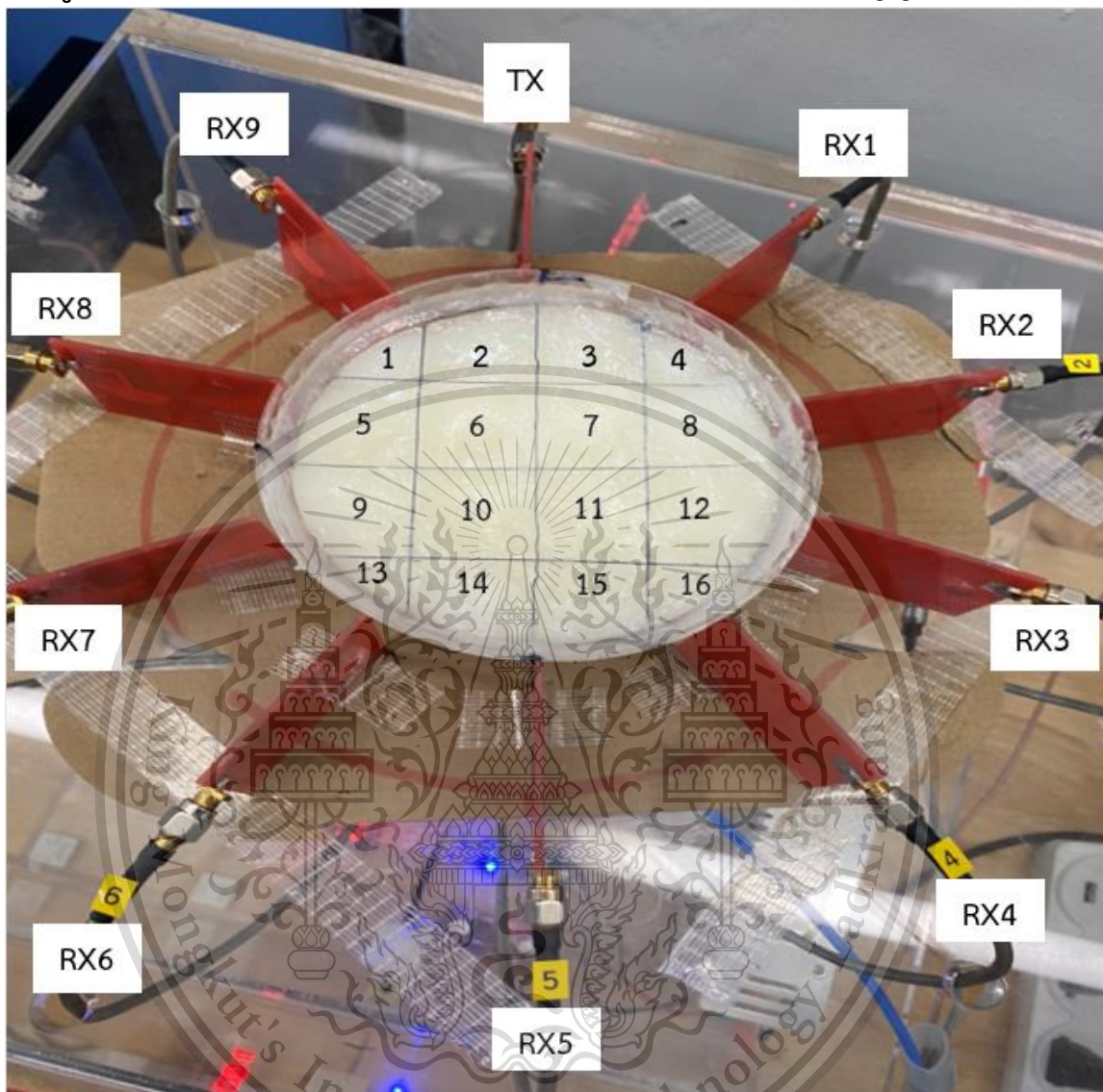
Arduino Mega	JQC-3FF-S-Z	Arduino Mega	JQC-3FF-S-Z
5V	VCC	6	relay5
GND	GND	7	relay6
2	relay1	8	relay7
3	relay2	9	relay8
4	relay3	10	relay9
5	relay4	11	relay10
Arduino Mega	LED&KEY	Arduino Mega	LED&KEY
5V	VCC	38	CLK
GND	GND	40	DIO
36	STB		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6 รูปแบบการกำหนดตำแหน่งของเซลล์จำลองและตำแหน่งเสารับสัญญาณ



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งของเซลล์จำลองและตำแหน่งเสารับสัญญาณ

เป็นการระบุตำแหน่งเสาส่งสัญญาณและเสารับสัญญาณทั้งหมดพร้อมทั้งบอกตำแหน่งของการตรวจเซลล์มะเร็งจำลองเป็นเลขตั้งแต่ 0-16 โดยตำแหน่ง 0 คือไม่มีก้อนมะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7 โค้ดควบคุมช่องทางรับของสัญญาณ

```
#include <TM1638plus.h>
```

```
const int relay1 = 2;
const int relay2 = 3;
const int relay3 = 4;
const int relay4 = 5;
const int relay5 = 6;
const int relay6 = 7;
const int relay7 = 8;
const int relay8 = 9;
const int relay9 = 10;
const int relay10 = 11;
```

```
const int STB = 36;
const int CLK = 38;
const int DIO = 40;
```

```
int i = 0;
```

รูปที่ 3.10 โค้ดกำหนดค่าของ LED&KEY TM1638

โค้ดส่วนแรกจะเป็นการประกาศ library ของ LED&KEY.TM1638 และเป็นการกำหนด Digital Pin บนบอร์ด Arduino

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  tm.displayBegin();

  pinMode(relay1, OUTPUT);
  pinMode(relay2, OUTPUT);
  pinMode(relay3, OUTPUT);
  pinMode(relay4, OUTPUT);
  pinMode(relay5, OUTPUT);
  pinMode(relay6, OUTPUT);
  pinMode(relay7, OUTPUT);
  pinMode(relay8, OUTPUT);
  pinMode(relay9, OUTPUT);
  pinMode(relay10, OUTPUT);

  pinMode(STB, OUTPUT);
  pinMode(CLK, OUTPUT);
  pinMode(DIO, OUTPUT);

  pinMode(S1, INPUT);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 3.11 โค้ดกำหนด Pin แต่ละตัว อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น จะเป็นการกำหนดให้ Pin แต่ละตัวว่าจะใช้เป็น OUTPUT หรือ INPUT

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

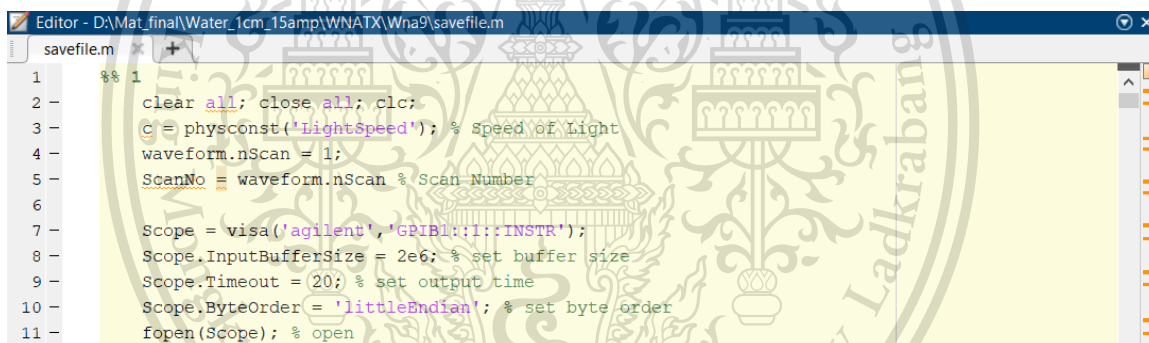
void loop() {
  if(S1 = HIGH){
    i++;
  }
  switch (i)
  {
    case 1: tm.displayText ("00000001"); digitalWrite(relay10,LOW); digitalWrite(relay1,HIGH); break;
    case 2: tm.displayText ("00000002"); digitalWrite(relay1,LOW); digitalWrite(relay2,HIGH); break;
    case 3: tm.displayText ("00000003"); digitalWrite(relay2,LOW); digitalWrite(relay3,HIGH); break;
    case 4: tm.displayText ("00000004"); digitalWrite(relay3,LOW); digitalWrite(relay4,HIGH); break;
    case 5: tm.displayText ("00000005"); digitalWrite(relay4,LOW); digitalWrite(relay5,HIGH); break;
    case 6: tm.displayText ("00000006"); digitalWrite(relay5,LOW); digitalWrite(relay6,HIGH); break;
    case 7: tm.displayText ("00000007"); digitalWrite(relay6,LOW); digitalWrite(relay7,HIGH); break;
    case 8: tm.displayText ("00000008"); digitalWrite(relay7,LOW); digitalWrite(relay8,HIGH); break;
    case 9: tm.displayText ("00000009"); digitalWrite(relay8,LOW); digitalWrite(relay9,HIGH); break;
    case 10:tm.displayText ("00000010"); digitalWrite(relay9,LOW); digitalWrite(relay10,HIGH); i=0; break;
    default: break;
  }
}

```

รูปที่ 3.12 โค้ดควบคุมการแสดงผลบน LED&KEY TM1638 และ Relay

เป็นการสั่งการควบคุมเมื่อกดสวิทช์จะกระทำการแสดงผลเลขบน LED&KEY และเปิด Relay ตามตัวเลขที่แสดงขึ้นบน LED&KEY

3.8 โค้ดการเก็บและใช้ข้อมูล



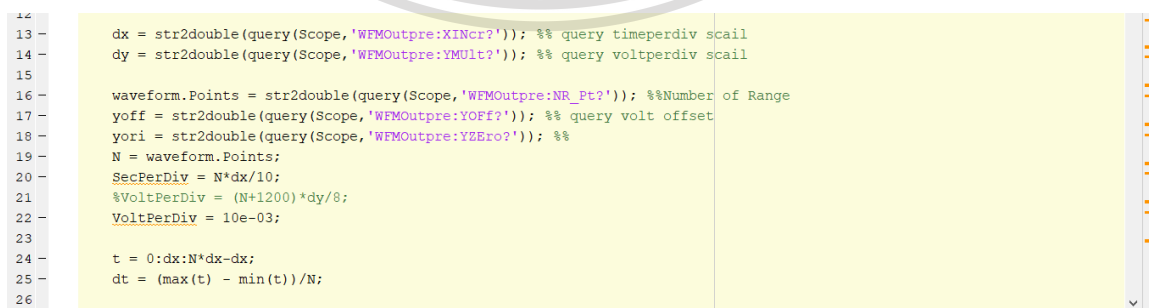
```

Editor - D:\Mat_final\Water_1cm_15amp\WNATX\Wna9\savefile.m
savefile.m
1 %% 1
2 clear all; close all; clc;
3 C = physconst('LightSpeed'); % Speed of Light
4 waveform.nScan = 1;
5 ScanNo = waveform.nScan % Scan Number
6
7 Scope = visa('agilent','GPIB::1::INSTR');
8 Scope.InputBufferSize = 2e6; % set buffer size
9 Scope.Timeout = 20; % set output time
10 Scope.ByteOrder = 'littleEndian'; % set byte order
11 fopen(Scope); % open

```

รูปที่ 3.13 โค้ดการตั้งค่าการเชื่อมต่อ

เป็นการตั้งค่าของ GPIB จากสโคปไปยังคอมพิวเตอร์และเปิดการเชื่อมต่อกับตัวอุปกรณ์



```

12
13 dx = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:XINcr?')); %% query timeperdiv sca1l
14 dy = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:YMult?')); %% query voltperdiv sca1l
15
16 waveform.Points = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:NR_Pt?')); %%Number of Range
17 yoff = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:YOFF?')); %% query volt offset
18 yori = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:YZEro?')); %%
19 N = waveform.Points;
20 SecPerDiv = N*dx/10;
21 %VoltPerDiv = (N+1200)*dy/8;
22 VoltPerDiv = 10e-03;
23
24 t = 0:dx:N*dx-dx;
25 dt = (max(t) - min(t))/N;
26

```

รูปที่ 3.14 โค้ดตั้งค่าสเกลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ตั้งค่าการดึงสเกลข้อมูลทางแกน x และแกน y, จำนวนความละเอียด และแกนเวลา
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

26
27 -
28 - figure
29 - fprintf(Scope,'DATA:ENCdg SRBinary'); %% acquire data format
30 - fprintf(Scope,'DATA:SOURce CH1'); %% channel determination
31 - fprintf(Scope,'CURVe?'); %% graph data collection
32
33 - Data_Tx_A_1 = binblockread(Scope,'int16'); %% rawdata
34 - Data_Tx_A_1 = (dy*(Data_Tx_A_1-yoff))+ yori; %% axis tunable
35 - waveform.t=t;
36 - waveform.dt=dt;
37 - waveform.Tx=Data_Tx_A_1;
38 - plot(t,Data_Tx_A_1)
39 - title('Tx','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
40 - xlabel('Time [s]','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
41 - ylabel('Volts [V]','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
42 - set(gca,'Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
43 - grid on

```

รูปที่ 3.15 โค้ดเก็บข้อมูลตัวส่งสัญญาณ

เป็นการเลือกช่องทาง CH1 และรับข้อมูลจากสัญญาณพัลส์ เก็บค่าไว้ใน Data_Tx_A_1

```

43
44 - figure
45 - fprintf(Scope,'DATA:ENCdg SRBinary'); %% acquire data format
46 - fprintf(Scope,'DATA:SOURce CH3'); %% channel determination
47 - fprintf(Scope,'CURVe?'); %% graph data collection
48 - Data_Rx_A_1 = binblockread(Scope,'int16'); %% rawdata
49 - Data_Rx_A_1 = (dy*(Data_Rx_A_1-yoff))+ yori; %% axis tunable
50 - waveform.t=t;
51 - waveform.dt=dt;
52 - waveform.Rx=Data_Rx_A_1;
53 - plot(t,Data_Rx_A_1)
54 - title('Rx','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
55 - xlabel('Time [s]','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
56 - ylabel('Volts [V]','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
57 - set(gca,'Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
58 - grid on
59

```

รูปที่ 3.16 โค้ดเก็บข้อมูลตัวรับสัญญาณ

เป็นการเลือกช่องทาง CH3 และรับข้อมูลจากตัวรับสัญญาณ เก็บค่าไว้ใน Data_Rx_A_1

```

60 - fprintf(Scope,'*CLS');
61 - fclose(Scope);
62 - delete(Scope);
63 - clear Scope;
64 - save('A_1.mat')
65

```

รูปที่ 3.17 โค้ดเก็บข้อมูลทั้งหมด

บันทึกค่าของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

2 - Tx = Data_TxA_1;
3 - Rx = Data_RxA_1;
4 - [pks,locs] = findpeaks(Tx,t);
5 - plot(t,Tx,locs,pks,'or')
6 - hold on
7 - |
8 - thr = 0.02;
9 - ythard = wthresh(Rx,'h',thr);
10 - plot(t,ythard)
11 - hold on
12 - [TF11,P11] = islocalmin(ythard);
13 - plot(t,ythard,t(TF11),ythard(TF11),'or')
14 - a = t(TF11);
15 - dis1 = a(1)-locs(1)
16 - title('time domain_1')

```

รูปที่ 3.18 โค้ดการใช้ข้อมูล

นำค่าจากตัวส่งสัญญาณไปหาค่าสูงสุด และนำค่าจากตัวรับสัญญาณปรับข้อมูลให้คำนวณง่าย และหาค่าสูงสุด หลังจากนั้นนำค่าทั้งสองมาลบกัน เพื่อดูค่าระยะเวลา

3.9 การนำข้อมูลไปประมวลผลหาตำแหน่งโดยใช้วิธีโครงสร้างประสาทเทียม

- Load data //need

```

[ ] data = pd.ExcelFile('/content/drive/MyDrive/Pro4c/Position_16.xlsx',engine='openpyxl')
[ ] none = pd.read_excel(data, 'None', index_col=None, header=None)
df11 = pd.read_excel(data, 'C11', index_col=None, header=None)
df12 = pd.read_excel(data, 'C12', index_col=None, header=None)
df13 = pd.read_excel(data, 'C13', index_col=None, header=None)
df14 = pd.read_excel(data, 'C14', index_col=None, header=None)
df21 = pd.read_excel(data, 'C21', index_col=None, header=None)
df22 = pd.read_excel(data, 'C22', index_col=None, header=None)
df23 = pd.read_excel(data, 'C23', index_col=None, header=None)
df24 = pd.read_excel(data, 'C24', index_col=None, header=None)
df31 = pd.read_excel(data, 'C31', index_col=None, header=None)
df32 = pd.read_excel(data, 'C32', index_col=None, header=None)
df33 = pd.read_excel(data, 'C33', index_col=None, header=None)
df34 = pd.read_excel(data, 'C34', index_col=None, header=None)
df41 = pd.read_excel(data, 'C41', index_col=None, header=None)
df42 = pd.read_excel(data, 'C42', index_col=None, header=None)
df43 = pd.read_excel(data, 'C43', index_col=None, header=None)
df44 = pd.read_excel(data, 'C44', index_col=None, header=None)
[ ] data = pd.ExcelFile('/content/drive/MyDrive/Pro4c/Clas.xlsx',engine='openpyxl')
Y = pd.read_excel(data, 'Clas', index_col=None, header=None)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 3.19 โค้ดการอ่านข้อมูลจากไฟล์อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อ่านข้อมูลทั้ง 17 ตำแหน่ง และอ่านค่าชื่อของตำแหน่ง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

▾ One hot //need

```
[ ] Y = np.asarray(Y)

[ ] def one_hot_matrix(Y,Max):
    N=Y.shape[0]
    max_value=Max+1
    one_hot_matrix = np.zeros([N, max_value])
    for i in range(N):
        j=Y[i]
        one_hot_matrix[i,j]=1
    return one_hot_matrix

[ ] Y_hot = one_hot_matrix(Y,16)
```

รูปที่ 3.20 โค้ด One-Hot encoding
สร้างข้อมูลลำดับตำแหน่งเพื่อไปกำหนดข้อมูลของสัญญาณ

```
[ ] c11= []
[ ] c12= []
[ ] c13= []
[ ] c14= []

[ ] c21= []
[ ] c22= []
[ ] c23= []
[ ] c24= []

[ ] c31= []
[ ] c32= []
[ ] c33= []
[ ] c34= []

[ ] c41= []
[ ] c42= []
[ ] c43= []
[ ] c44= []

[ ] c_none = []

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran0 = np.append(df11_Tran[i],Y_hot[0])
    c_none.append(df_Tran0)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran1 = np.append(df11_Tran[i],Y_hot[1])
    c11.append(df_Tran1)

for i in range(len(df12_Tran)):
    df_Tran2 = np.append(df12_Tran[i],Y_hot[2])
    c12.append(df_Tran2)

for i in range(len(df13_Tran)):
    df_Tran3 = np.append(df13_Tran[i],Y_hot[3])
    c13.append(df_Tran3)

for i in range(len(df14_Tran)):
    df_Tran4 = np.append(df14_Tran[i],Y_hot[4])
    c14.append(df_Tran4)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran5 = np.append(df21_Tran[i],Y_hot[5])
    c21.append(df_Tran5)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran6 = np.append(df22_Tran[i],Y_hot[6])
    c22.append(df_Tran6)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran7 = np.append(df23_Tran[i],Y_hot[7])
    c23.append(df_Tran7)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran8 = np.append(df24_Tran[i],Y_hot[8])
    c24.append(df_Tran8)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran9 = np.append(df31_Tran[i],Y_hot[9])
    c31.append(df_Tran9)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran10 = np.append(df32_Tran[i],Y_hot[10])
    c32.append(df_Tran10)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran11 = np.append(df33_Tran[i],Y_hot[11])
    c33.append(df_Tran11)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran12 = np.append(df34_Tran[i],Y_hot[12])
    c34.append(df_Tran12)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran13 = np.append(df41_Tran[i],Y_hot[13])
    c41.append(df_Tran13)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran14 = np.append(df42_Tran[i],Y_hot[14])
    c42.append(df_Tran14)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran15 = np.append(df43_Tran[i],Y_hot[15])
    c43.append(df_Tran15)

for i in range(len(df11_Tran)):
    df_Tran16 = np.append(df44_Tran[i],Y_hot[16])
    c44.append(df_Tran16)
```

รูปที่ 3.21 โค้ดต่อข้อมูลกับลำดับตำแหน่ง
สร้างอาร์เรย์และเก็บค่าข้อมูลที่ถูกกำหนดตำแหน่งทั้ง 17 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
[16] train_stop = 8
      test_start = 8
      test_stop = 10
      cut_sam = 5000
```

```
[17] RX1_train = []
      RX2_train = []
      RX3_train = []
      RX4_train = []
      RX5_train = []
      RX6_train = []
      RX7_train = []
      RX8_train = []
      RX9_train = []
```

```
[ ] RX1_test = []
      RX2_test = []
      RX3_test = []
      RX4_test = []
      RX5_test = []
      RX6_test = []
      RX7_test = []
      RX8_test = []
      RX9_test = []
```

```
def rx_train(li,a,b,time):
    for ii in range(time):
        for i in range(a,b):
            RX1_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX2_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX3_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX4_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX5_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10
```

```
        for i in range(a,b):
            RX6_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX7_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX8_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX9_train.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10
```

```
def rx_test(li,a,b,time):
    for ii in range(time):
        for i in range(a,b):
            RX1_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX2_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX3_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX4_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX5_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX6_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX7_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX8_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10

        for i in range(a,b):
            RX9_test.append(li[i])
            a = a+10
            b = b+10
```

รูปที่ 3.22 โค้ดแบ่งข้อมูลเพื่อนำไป Train และ Test

จะแบ่งข้อมูล 80% ของทั้งหมดไป Train และอีก 20 % นำไป Test และจะเปลี่ยนจากตำแหน่ง 17 ตำแหน่งไปเป็นตัวรับสัญญาณทั้ง 9 ตัว RX1 – RX9

```
[26] RX1_train_x = [];
      RX1_train_y = [];

      RX2_train_x = [];
      RX2_train_y = [];

      RX3_train_x = [];
      RX3_train_y = [];

      RX4_train_x = [];
      RX4_train_y = [];

      RX4_train_x = [];
      RX4_train_y = [];

      RX5_train_x = [];
      RX5_train_y = [];

      RX6_train_x = [];
      RX6_train_y = [];

      RX7_train_x = [];
      RX7_train_y = [];

      RX8_train_x = [];
      RX8_train_y = [];

      RX9_train_x = [];
      RX9_train_y = [];

[28] RX1_test_x = [];
      RX1_test_y = [];

      RX2_test_x = [];
      RX2_test_y = [];

      RX3_test_x = [];
      RX3_test_y = [];

      RX4_test_x = [];
      RX4_test_y = [];

      RX4_test_x = [];
      RX4_test_y = [];

      RX5_test_x = [];
      RX5_test_y = [];

      RX6_test_x = [];
      RX6_test_y = [];

      RX7_test_x = [];
      RX7_test_y = [];

      RX8_test_x = [];
      RX8_test_y = [];

      RX9_test_x = [];
      RX9_test_y = [];

for i in range(len(RX1_train)):
    RX1_train_x.append(RX1_train[i][0:cut_sam])
    RX1_train_y.append(RX1_train[i][5000:5017])

    RX2_train_x.append(RX2_train[i][0:cut_sam])
    RX2_train_y.append(RX2_train[i][5000:5017])

    RX3_train_x.append(RX3_train[i][0:cut_sam])
    RX3_train_y.append(RX3_train[i][5000:5017])

    RX4_train_x.append(RX4_train[i][0:cut_sam])
    RX4_train_y.append(RX4_train[i][5000:5017])

    RX5_train_x.append(RX5_train[i][0:cut_sam])
    RX5_train_y.append(RX5_train[i][5000:5017])

    RX6_train_x.append(RX6_train[i][0:cut_sam])
    RX6_train_y.append(RX6_train[i][5000:5017])

    RX7_train_x.append(RX7_train[i][0:cut_sam])
    RX7_train_y.append(RX7_train[i][5000:5017])

    RX8_train_x.append(RX8_train[i][0:cut_sam])
    RX8_train_y.append(RX8_train[i][5000:5017])

    RX9_train_x.append(RX9_train[i][0:cut_sam])
    RX9_train_y.append(RX9_train[i][5000:5017])

for i in range(len(RX1_test)):
    RX1_test_x.append(RX1_test[i][0:cut_sam])
    RX1_test_y.append(RX1_test[i][5000:5017])

    RX2_test_x.append(RX2_test[i][0:cut_sam])
    RX2_test_y.append(RX2_test[i][5000:5017])

    RX3_test_x.append(RX3_test[i][0:cut_sam])
    RX3_test_y.append(RX3_test[i][5000:5017])

    RX4_test_x.append(RX4_test[i][0:cut_sam])
    RX4_test_y.append(RX4_test[i][5000:5017])

    RX5_test_x.append(RX5_test[i][0:cut_sam])
    RX5_test_y.append(RX5_test[i][5000:5017])

    RX6_test_x.append(RX6_test[i][0:cut_sam])
    RX6_test_y.append(RX6_test[i][5000:5017])

    RX7_test_x.append(RX7_test[i][0:cut_sam])
    RX7_test_y.append(RX7_test[i][5000:5017])

    RX8_test_x.append(RX8_test[i][0:cut_sam])
    RX8_test_y.append(RX8_test[i][5000:5017])

    RX9_test_x.append(RX9_test[i][0:cut_sam])
    RX9_test_y.append(RX9_test[i][5000:5017])
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 นำข้อมูลของแต่ละเสาสัญญาณแยกจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ เพื่อเตรียมเข้า Train model
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงโซเชียลมีเดีย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

mean_RX1_Train = mean4norm(RX1_train_x)
std_RX1_Train = std4norm(RX1_train_x)
RX1_Train_norm = standardization(RX1_train_x, mean_RX1_Train, std_RX1_Train)
RX1_Train_meannorm = meanNorm(RX1_train_x, min4norm(RX1_train_x), max4norm(RX1_train_x), mean4norm(RX1_train_x))

mean_X_Test = mean4norm(RX1_test_x)
std_X_Test = std4norm(RX1_test_x)
RX1_Test_norm = standardization(RX1_test_x, mean_X_Test, std_X_Test)
RX1_Test_meannorm = meanNorm(RX1_test_x, min4norm(RX1_test_x), max4norm(RX1_test_x), mean4norm(RX1_test_x))

```

รูปที่ 3.24 โค้ดจัดรูปแบบของข้อมูล

นำข้อมูลทุกเสาสัญญาณไปทำการปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลของ ฐานข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานเพื่อลดข้อมูลที่ซ้ำซ้อนออกไป

```

adj = 200
node = {}
node[1]=adj
for i in range(2,5):
    adj = int(adj*1)
    node[i]=adj

inp = cut_sam #####
out = 17

#network w1 ,B1
W1 = np.random.randn(inp,node[1])*np.sqrt(2/(inp + node[1]))
B1 = np.random.randn(1,node[1])

#network w2 ,B2
W2 = np.random.randn(node[1],node[2])*np.sqrt(2/(node[1] + node[2]))
B2 = np.random.randn(1,node[2])

W3 = np.random.randn(node[2],node[3])*np.sqrt(2/(node[2] + node[3]))
B3 = np.random.randn(1,node[3])

W4 = np.random.randn(node[3],node[4])*np.sqrt(2/(node[3] + node[4]))
B4 = np.random.randn(1,node[4])

W5 = np.random.randn(node[4],out)*np.sqrt(2/(node[4] + out))
B5 = np.random.randn(1,out)

```

รูปที่ 3.25 โค้ดสร้าง weight และ bias เริ่มต้น

ทำการสร้าง weight และ bias โดย weight ตัวแรกจะมีขนาดเป็น input และ ออกเป็นตามจำนวนของ adj เพื่อส่งต่อไป layer ต่อไปและที่ layer ชั้นสุดท้ายจะออกขนาดตามตำแหน่งคือ 17 ชื่อทุก weight จะมีการทำ Normalization ด้วย Xavier เพื่อให้การสุ่มค่าไม่กระจายค่าเกินไป

```

A0 = RX1_Train_norm
A0_test = RX1_Test_norm

train_y = RX1_train_y
test_y = RX1_test_y

N = RX1_Train_norm.shape[0]
N_val = RX1_Test_norm.shape[0]

Z1 = np.dot(A0,W1)+B1
A1 = tanh(Z1)
diff_A1 = df_tanh(A1)

Z2 = np.dot(A1,W2)+B2
A2 = tanh(Z2)
diff_A2 = df_tanh(A2)

Z3 = np.dot(A2,W3)+B3
A3 = tanh(Z3)
diff_A3 = df_tanh(A3)

Z4 = np.dot(A3,W4)+B4
A4 = tanh(Z4)
diff_A4 = df_tanh(A4)

Z5 = np.dot(A4,W5)+B5
A5 = softmax(Z5)

```

รูปที่ 3.26 โค้ด Feed forward ในเสาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ทำการนำข้อมูลสัญญาณในแต่ละเสาไปผ่านทุกชั้นและออกเป็น output 17 ตำแหน่ง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Error5 = train_y-A5#เฉพาะnetworkขวาสุด
W5 = W5+(1r/N)*np.dot(A4.T,Error5)
B5 = B5+(1r/N)*np.dot(1,Error5).sum(axis=0,keepdims=True)

Error4= (np.dot(Error5,W5.T))*diff_A4
W4 = W4+(1r/N)*np.dot(A3.T,Error4)
B4 = B4+(1r/N)*np.dot(1,Error4).sum(axis=0,keepdims=True)

Error3= (np.dot(Error4,W4.T))*diff_A3
W3 = W3+(1r/N)*np.dot(A2.T,Error3)
B3 = B3+(1r/N)*np.dot(1,Error3).sum(axis=0,keepdims=True)

Error2= (np.dot(Error3,W3.T))*diff_A2
W2 = W2+(1r/N)*np.dot(A1.T,Error2)
B2 = B2+(1r/N)*np.dot(1,Error2).sum(axis=0,keepdims=True)

Error1= (np.dot(Error2,W2.T))*diff_A1
W1 = W1+(1r/N)*np.dot(A0.T,Error1)
B1 = B1+(1r/N)*np.dot(1,Error1).sum(axis=0,keepdims=True)

error = (-train_y*np.log(A5)).sum()/N
error_list.append(error)

```

รูปที่ 3.27 โค้ด Back propagation ในเสาสัญญาณ

นำค่าของข้อผิดพลาดระหว่าง ค่า output ที่แท้จริง – ค่า output ที่ออกมาจาก Feed forward เพื่อนำค่าของข้อผิดพลาดไปหา weight และ bias ใหม่ทุกตัว ชั้นตอนนี้จะทำให้โมเดลมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น

```

Z1_validate = np.dot(A0_test,W1)+B1
A1_validate = tanh(Z1_validate)
diff_A1_validate = df_tanh(A1_validate)

Z2_validate = np.dot(A1_validate,W2)+B2
A2_validate = tanh(Z2_validate)
diff_A2_validate = df_tanh(A2_validate)

Z3_validate = np.dot(A2_validate,W3)+B3
A3_validate = tanh(Z3_validate)
diff_A3_validate = df_tanh(A3_validate)

Z4_validate = np.dot(A3_validate,W4)+B4
A4_validate = tanh(Z4_validate)
diff_A4_validate = df_tanh(A4_validate)

Z5_validate = np.dot(A4_validate,W5)+B5
A5_validate = softmax(Z5_validate)

error_test = (-test_y*np.log(A5_validate)).sum()/N_val
error_test_list.append(error_test)

```

รูปที่ 3.28 โค้ด Validation ในเสาสัญญาณ

ในระหว่างที่ Feed forward และ Back propagation จะทำการนำ Weight และ bias ที่อยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับเจ้าของเอกสารเพื่อที่จะดูว่าโมเดลเราสามารถเข้ากับข้อมูลอื่นที่ไม่เคยเจอได้หรือไม่ ซึ่งค่าที่ผิดพลาดจะไปรวมอยู่ใน error list

```

for i in range(epoch):
    ZH1 = np.dot(TS1_train,W1)+B1
    HT1 = tanh(ZH1)
    diff_HT1 = df_tanh(HT1)

    ZH2 = np.dot(TS2_train,W2)+B2+np.dot(HT1,WH1)
    HT2 = tanh(ZH2)
    diff_HT2 = df_tanh(HT2)

    ZH3 = np.dot(TS3_train,W3)+B3+np.dot(HT2,WH2)
    HT3 = tanh(ZH3)
    diff_HT3 = df_tanh(HT3)

    ZH4 = np.dot(TS4_train,W4)+B4+np.dot(HT3,WH3)
    HT4 = tanh(ZH4)
    diff_HT4 = df_tanh(HT4)

    ZH5 = np.dot(TS5_train,W5)+B5+np.dot(HT4,WH4)
    HT5 = tanh(ZH5)
    diff_HT5 = df_tanh(HT5)

    ZH6 = np.dot(TS6_train,W6)+B6+np.dot(HT5,WH5)
    HT6 = tanh(ZH6)
    diff_HT6 = df_tanh(HT6)

    ZH7 = np.dot(TS7_train,W7)+B7+np.dot(HT6,WH6)
    HT7 = tanh(ZH7)
    diff_HT7 = df_tanh(HT7)

    ZH8 = np.dot(TS8_train,W8)+B8+np.dot(HT7,WH7)
    HT8 = tanh(ZH8)
    diff_HT8 = df_tanh(HT8)

    ZH9 = np.dot(TS9_train,W9)+B9+np.dot(HT8,WH8)
    HT9 = tanh(ZH9)
    diff_HT9 = df_tanh(HT9)

    ZNN = np.dot(HT9,WN)+BN
    ANN = softmax(ZNN)
    ZNN_list.append(ZNN)
    ANN_list.append(ANN)

```

รูปที่ 3.29 โค้ด Feed forward จากเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง

จะนำข้อมูลจากชั้นสุดท้ายของเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง จากการที่สมการ ZH จะมีตัวที่บวกเพิ่มหลังจาก bias นั่นคือข้อมูลของสัญญาณก่อนหน้า และทำนายผลที่ชั้น ANN โดนผ่านฟังก์ชัน softmax

```

Error_N = RX1_train_y-ANN
WN = WN+(1r/N)*(np.dot(HT9.T,Error_N)+(lamb/N)*WN)
BN = BN+(1r/N)*np.sum(Error_N,axis=0,keepdims=True)

Error9 = np.dot(Error_N,WN.T)*diff_HT9
W9 = W9+(1r/N)*(np.dot(TS9_train.T,Error9)+(lamb/N)*W9)
B9 = B9+(1r/N)*np.dot(1,Error9).sum(axis=0,keepdims=True)
WH8 = WH8+(1r/N)*(np.dot(HT8.T,Error9)+(lamb/N)*WH8)

Error8 = np.dot(Error9,WH8.T)*diff_HT8
W8 = W8+(1r/N)*(np.dot(TS8_train.T,Error8)+(lamb/N)*W8)
B8 = B8+(1r/N)*np.dot(1,Error8).sum(axis=0,keepdims=True)
WH7 = WH7+(1r/N)*(np.dot(HT7.T,Error8)+(lamb/N)*WH7)

Error7 = np.dot(Error8,WH7.T)*diff_HT7
W7 = W7+(1r/N)*(np.dot(TS7_train.T,Error7)+(lamb/N)*W7)
B7 = B7+(1r/N)*np.dot(1,Error7).sum(axis=0,keepdims=True)
WH6 = WH6+(1r/N)*(np.dot(HT6.T,Error7)+(lamb/N)*WH6)

Error6 = np.dot(Error7,WH6.T)*diff_HT6
W6 = W6+(1r/N)*(np.dot(TS6_train.T,Error6)+(lamb/N)*W6)
B6 = B6+(1r/N)*np.dot(1,Error6).sum(axis=0,keepdims=True)
WH5 = WH5+(1r/N)*(np.dot(HT5.T,Error6)+(lamb/N)*WH5)

Error5 = np.dot(Error6,WH5.T)*diff_HT5
W5 = W5+(1r/N)*(np.dot(TS5_train.T,Error5)+(lamb/N)*W5)
B5 = B5+(1r/N)*np.dot(1,Error5).sum(axis=0,keepdims=True)
WH4 = WH4+(1r/N)*(np.dot(HT4.T,Error5)+(lamb/N)*WH4)

Error4 = np.dot(Error5,WH4.T)*diff_HT4
W4 = W4+(1r/N)*(np.dot(TS4_train.T,Error4)+(lamb/N)*W4)
B4 = B4+(1r/N)*np.dot(1,Error4).sum(axis=0,keepdims=True)
WH3 = WH3+(1r/N)*(np.dot(HT3.T,Error4)+(lamb/N)*WH3)

Error3 = np.dot(Error4,WH3.T)*diff_HT3
W3 = W3+(1r/N)*(np.dot(TS3_train.T,Error3)+(lamb/N)*W3)
B3 = B3+(1r/N)*np.dot(1,Error3).sum(axis=0,keepdims=True)
WH2 = WH2+(1r/N)*(np.dot(HT2.T,Error3)+(lamb/N)*WH2)

Error2 = np.dot(Error3,WH2.T)*diff_HT2
W2 = W2+(1r/N)*(np.dot(TS2_train.T,Error2)+(lamb/N)*W2)
B2 = B2+(1r/N)*np.dot(1,Error2).sum(axis=0,keepdims=True)
WH1 = WH1+(1r/N)*(np.dot(HT1.T,Error2)+(lamb/N)*WH1)

Error1 = np.dot(Error2,WH1.T)*diff_HT1
W1 = W1+(1r/N)*(np.dot(TS1_train.T,Error1)+(lamb/N)*W1)
B1 = B1+(1r/N)*np.dot(1,Error1).sum(axis=0,keepdims=True)

```

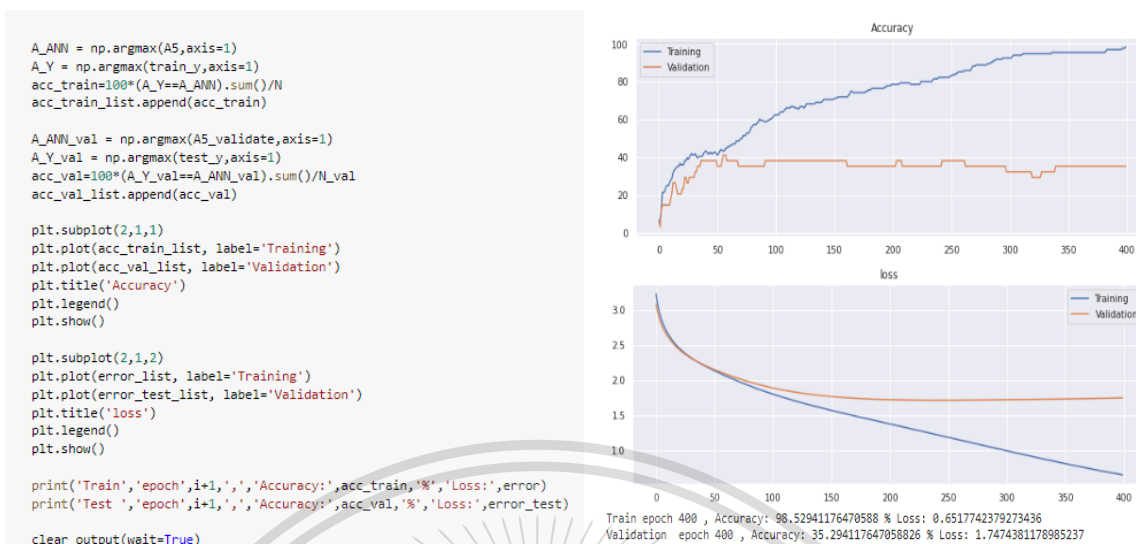
รูปที่ 3.30 โค้ด Back propagation จากเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง

นำค่าของข้อผิดพลาดระหว่าง ค่า output ที่แท้จริง – ค่า output ที่ออกมาจาก Feed forward เพื่อนำค่าของข้อผิดพลาดไปหา weight และ bias ใหม่ทุกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.31 โค้ดแสดงผลความแม่นยำและข้อผิดพลาด

นำข้อมูลไปแสดงผลความแม่นยำและข้อผิดพลาด โดยความแม่นยำจะต้องเข้าใกล้ 100 และ loss เข้าใกล้ 0 โมเดลถึงจะมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

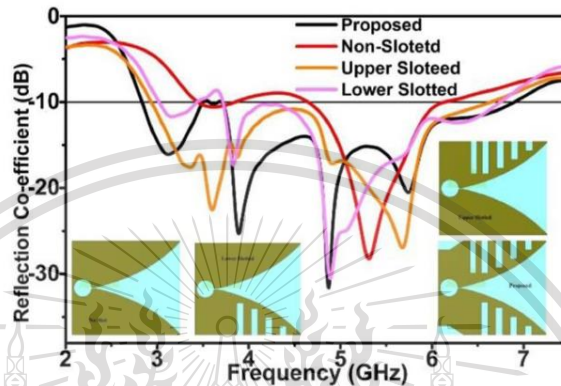
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

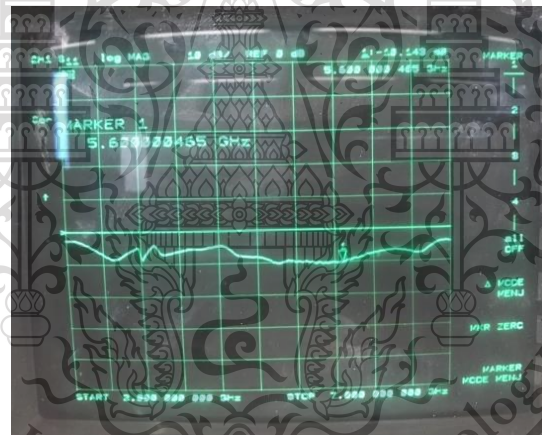
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บันทึกผลการทดลองการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน



รูปที่ 4.1 สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากทฤษฎี



รูปที่ 4.2 สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การสะท้อนกับช่วงความถี่

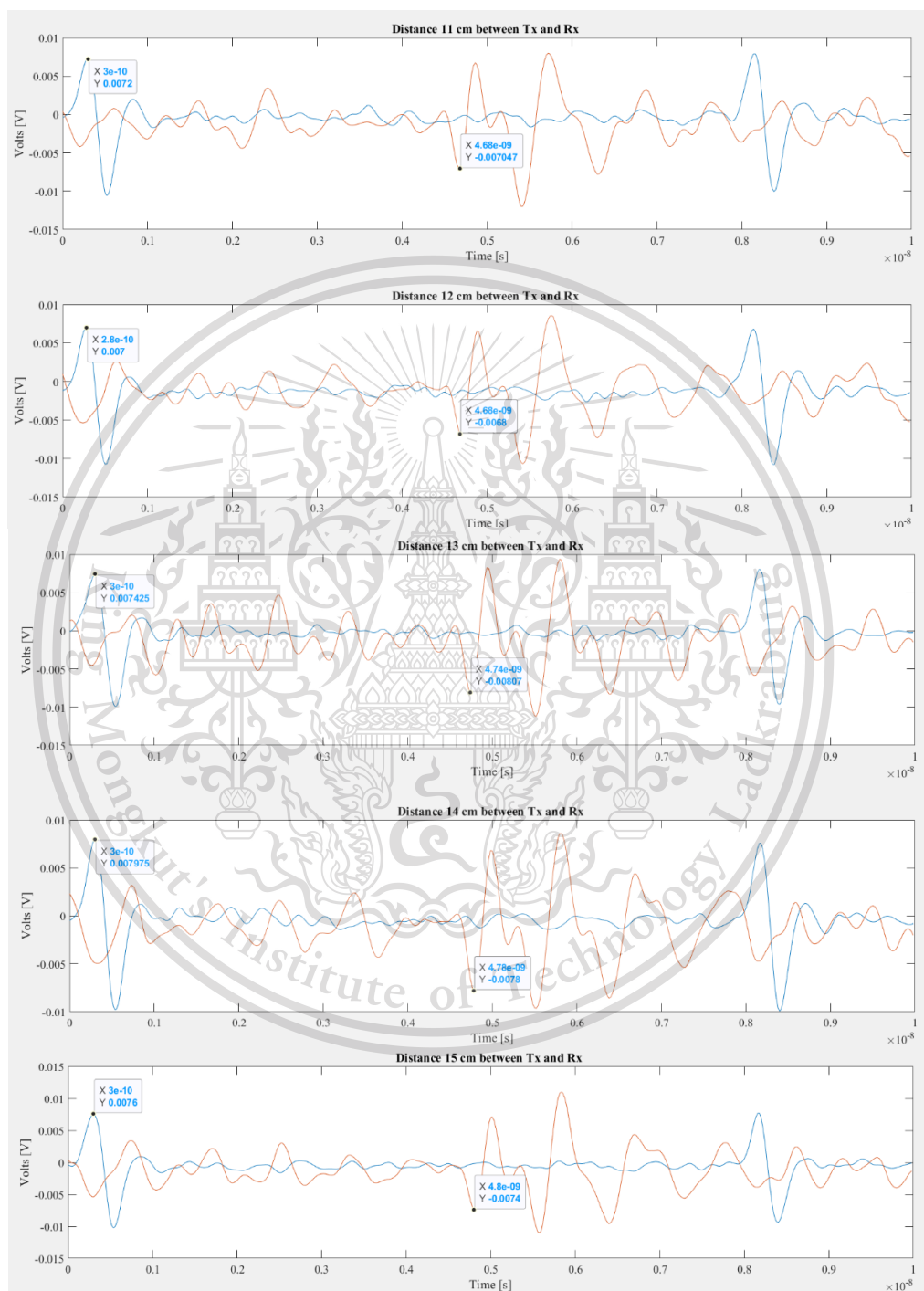
ช่วงความถี่ (GHz)	จากทฤษฎี Proposed (dB)	จากการทดลอง (dB)
2	-1 dB	-2 dB
3	-15 dB	-9 dB
4	-20 dB	-5 dB
5	-25 dB	-10 dB
6	-13 dB	-8 dB
7	-8 dB	-5 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 บันทึกผลการทดลองวัดระยะห่างระหว่าง Transmission และ Receiver เมื่อใช้ Receiver ตัวที่ 5



รูปที่ 4.3 กราฟผลการทดลองวัดระยะห่างของ Transmission และ Receiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

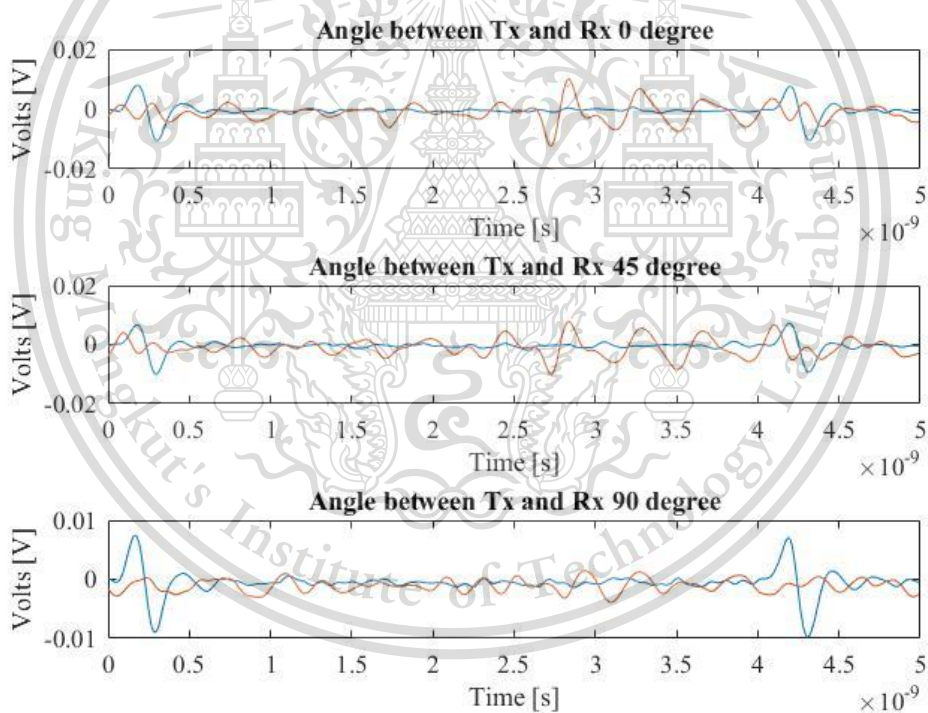
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและระยะเวลา

ระยะห่าง (cm.)	ระยะเวลา peak to peak (ns)
10	4.38
11	4.40
12	4.42
13	4.44
14	4.48
15	4.50

4.3 บันทึกผลการทดลองวัดองศาที่มุมต่างๆระหว่าง Transmission และ Receiver เมื่อใช้ Receiver ตัวที่ 5



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงลักษณะของแอมพลิจูดเมื่อองศาแตกต่างกัน

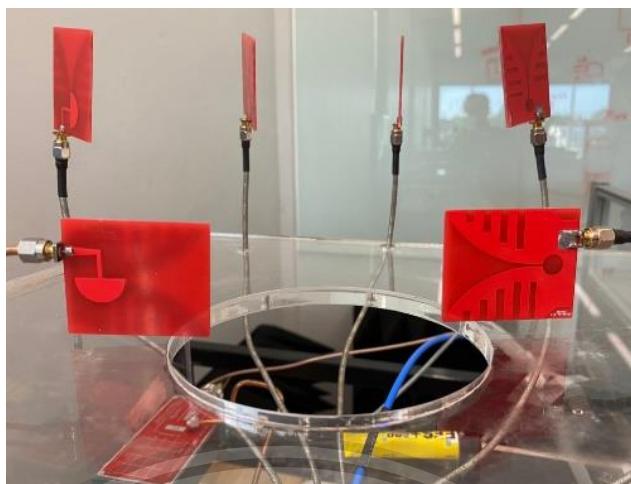
ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมและโวลต์สูงสุด

มุม (องศา)	โวลต์สูงสุด (mV)
0	10.44
45	8.151
90	1.552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

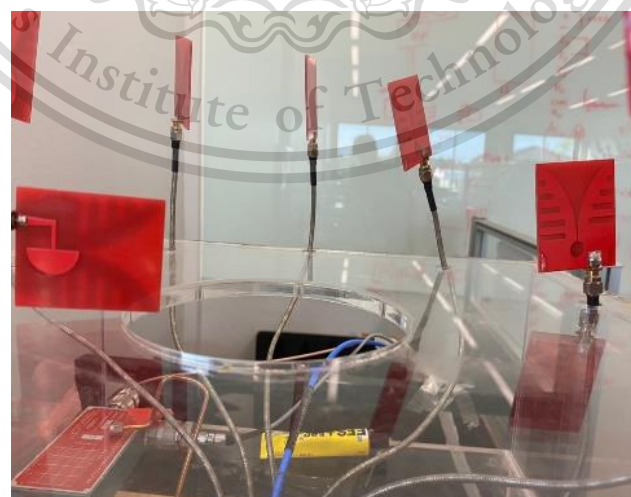
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.5 การวัดออสคาเมื่อ Receiver เป็น 0 องศา



รูปที่ 4.6 การวัดออสคาเมื่อ Receiver เป็น 45 องศา



รูปที่ 4.7 การวัดออสคาเมื่อ Receiver เป็น 90 องศา

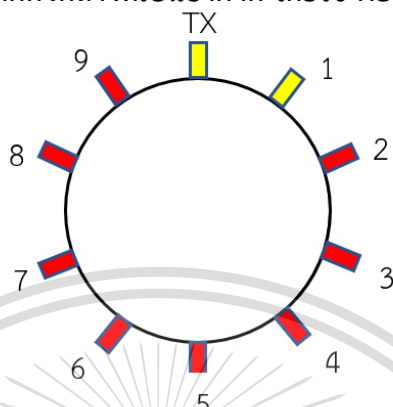
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่หรือแจกจ่ายให้ผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

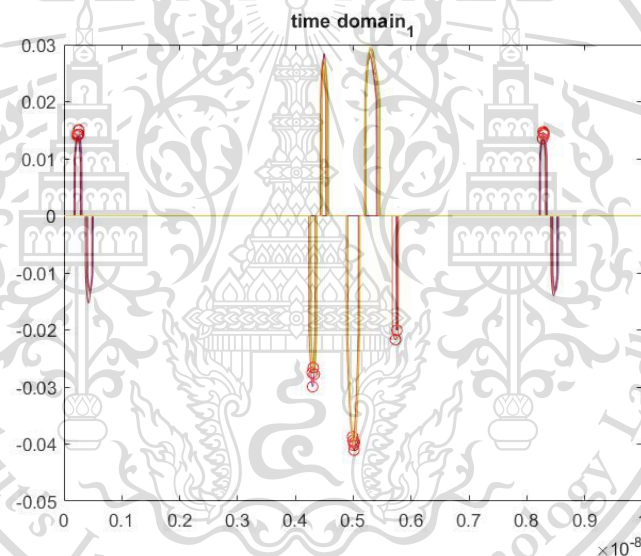
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 บันทึกผลการทดลองของ Receiver แต่ละตัวเมื่อรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ

4.4.1 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 1



รูปที่ 4.8 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 1



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 1

ตารางที่ 4.4.1 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 1

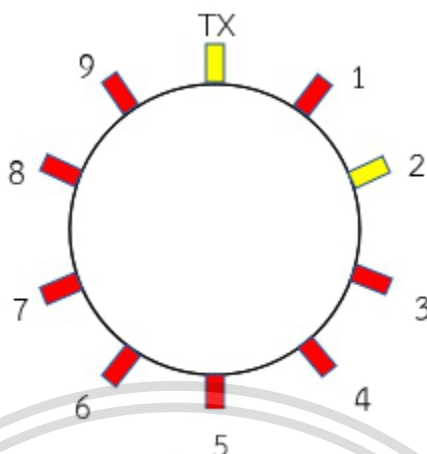
ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.0280
2	4.0400
3	4.0320
4	4.0880
5	4.0760
เฉลี่ย	4.0528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

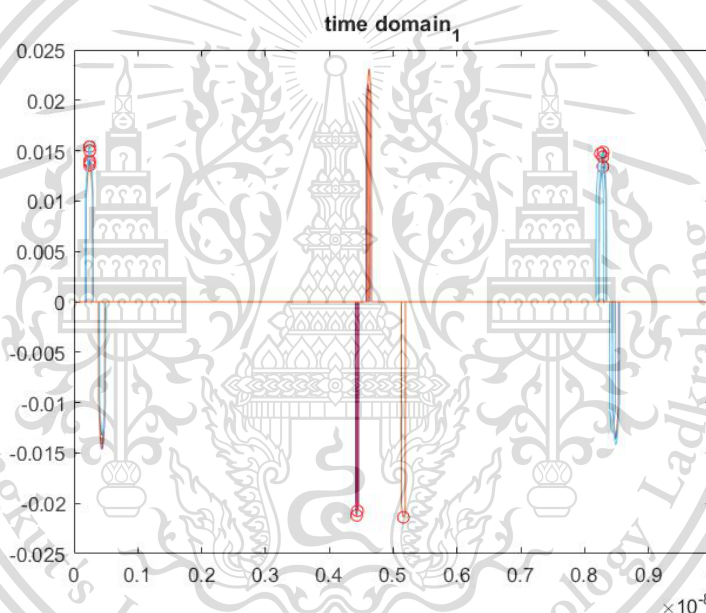
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4.2 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 2



รูปที่ 4.10 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 2



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 2

ตารางที่ 4.4.2 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 2

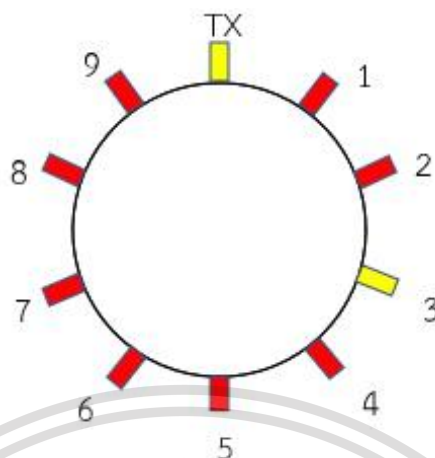
ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.2320
2	4.1840
3	4.2040
4	4.2280
5	4.2160
	4.2128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาคเรียนเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

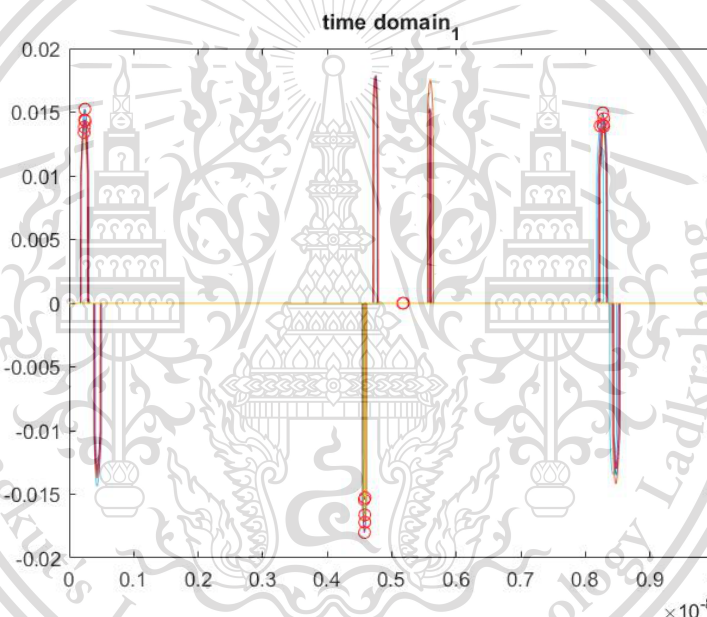
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4.3 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 3



รูปที่ 4.12 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 3



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 3

ตารางที่ 4.4.3 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 3

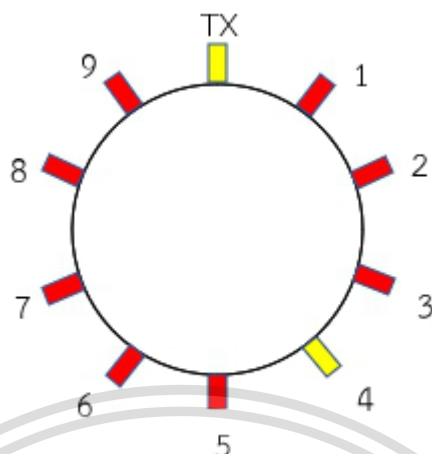
ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.3080
2	4.3320
3	4.3440
4	4.3480
5	4.3440
	4.3352

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเจ้ลยเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

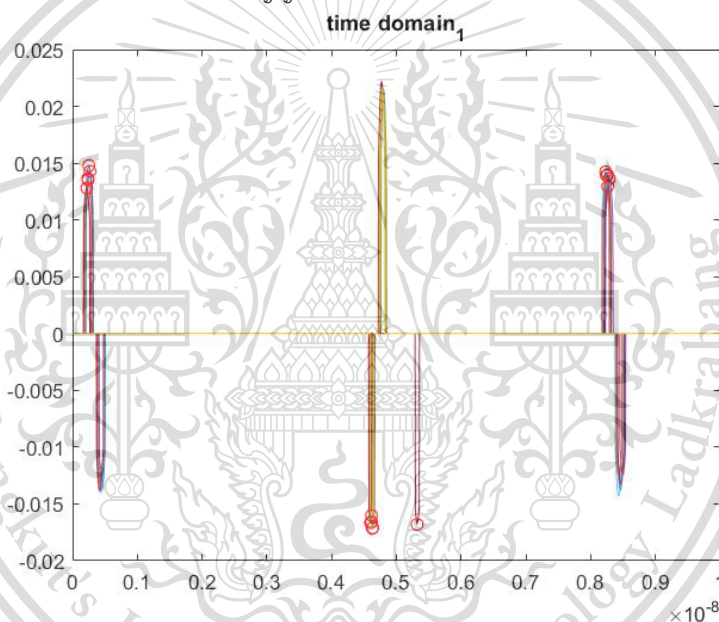
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4.4 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 4



รูปที่ 4.14 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 4



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 4

ตารางที่ 4.4.4 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 4

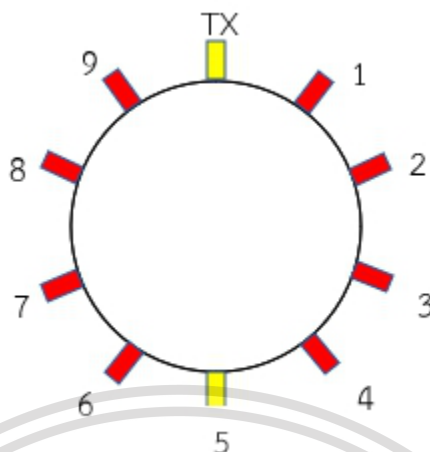
ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.4000
2	4.3680
3	4.3800
4	4.3880
5	4.3960
เฉลี่ย	4.3864

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาคเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

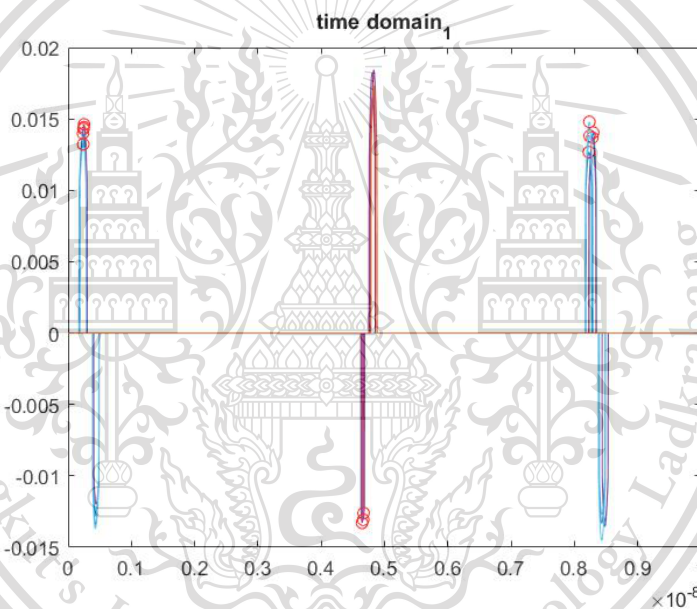
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4.5 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 5



รูปที่ 4.16 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 5



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 5

ตารางที่ 4.4.5 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 5

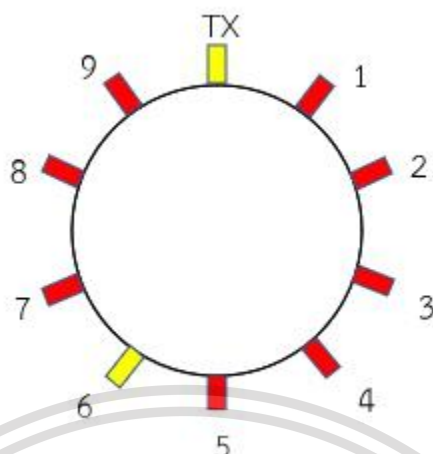
ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.4000
2	4.3960
3	4.4240
4	4.4280
5	4.4320
เฉลี่ย	4.4160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอาจนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

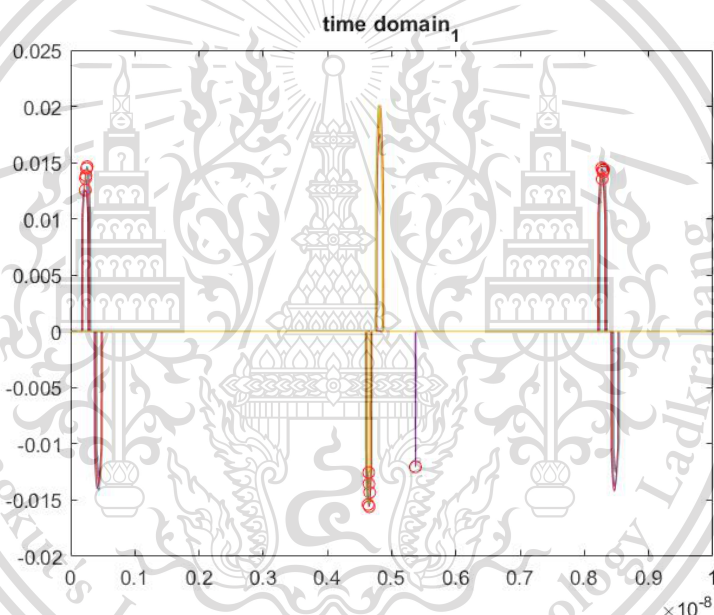
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4.6 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 6



รูปที่ 4.18 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 6



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 6

ตารางที่ 4.4.6 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 6

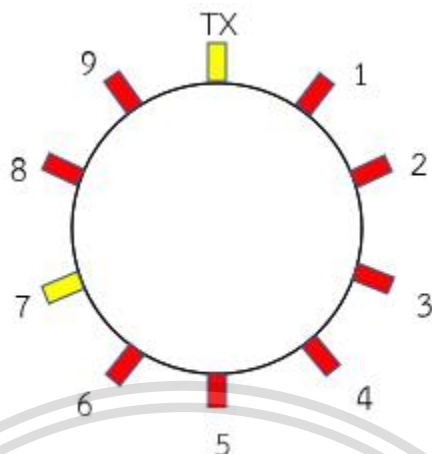
ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.4200
2	4.3880
3	4.4120
4	4.3840
5	4.4120
เฉลี่ย	4.4888

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

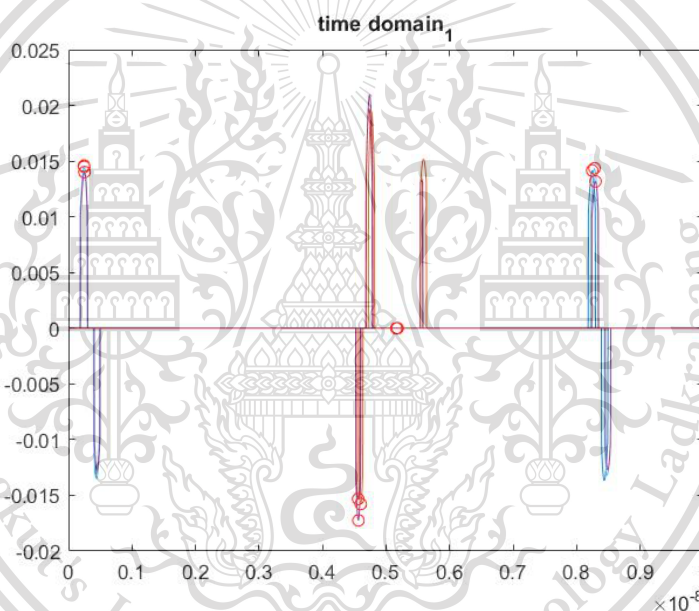
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4.7 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 7



รูปที่ 4.20 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 7



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 7

ตารางที่ 4.4.7 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 7

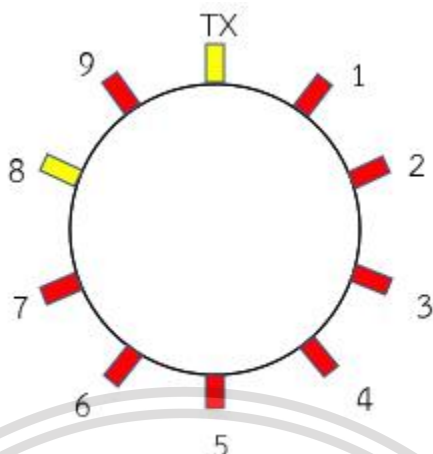
ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.3240
2	4.3560
3	4.3040
4	4.3200
5	4.3080
เฉลี่ย	4.4032

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

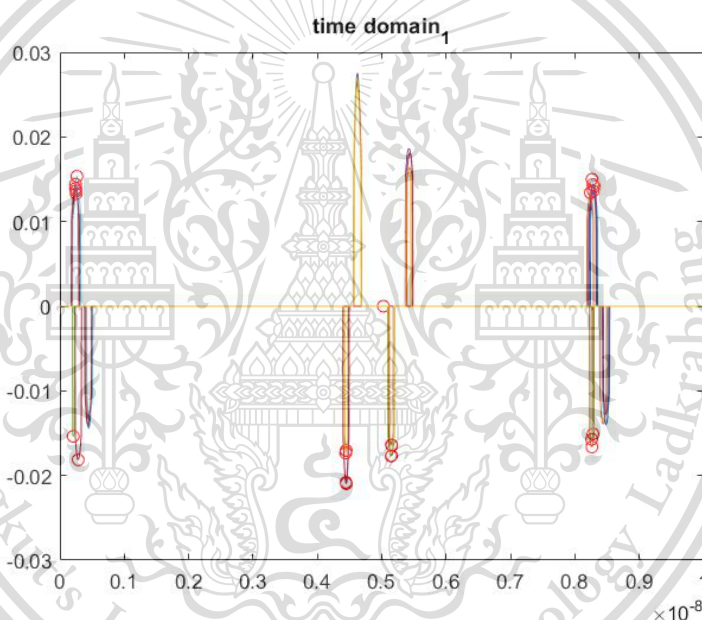
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4.8 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 8



รูปที่ 4.22 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 8



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 8

ตารางที่ 4.4.8 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 8

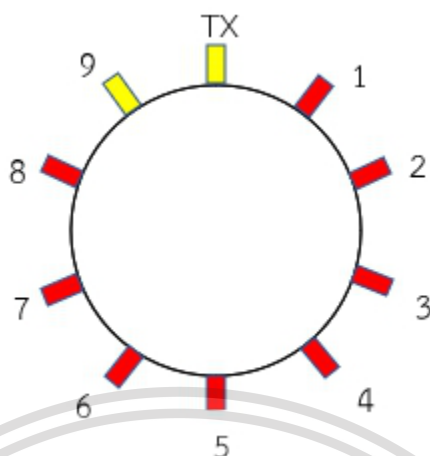
ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.2000
2	4.1960
3	4.2120
4	4.1920
5	4.2000
เฉลี่ย	4.2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

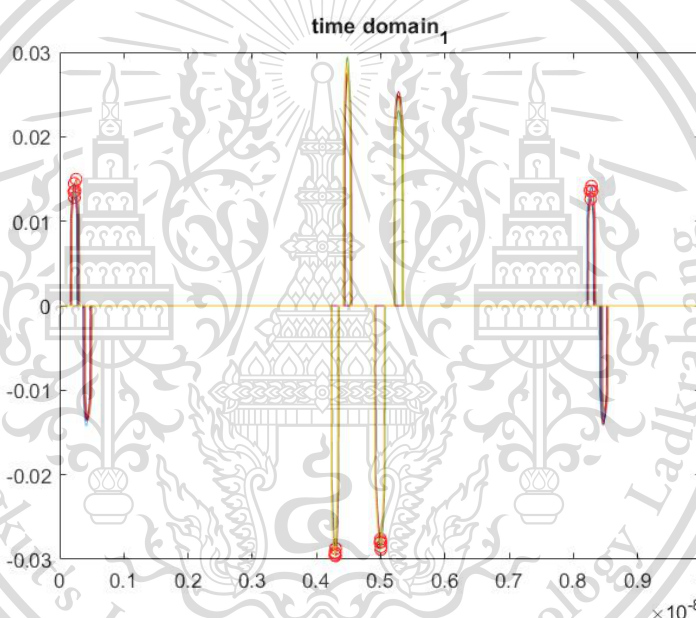
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4.9 การรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 9



รูปที่ 4.24 แบบจำลองการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 9



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นอากาศ โดยใช้ Receiver ตัวที่ 9

ตารางที่ 4.4.9 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง โดยใช้ Receiver ที่ 9

ครั้งที่	เวลา (ns)
1	4.0640
2	4.0680
3	4.0600
4	4.0720
5	4.0560
เฉลี่ย	4.0640

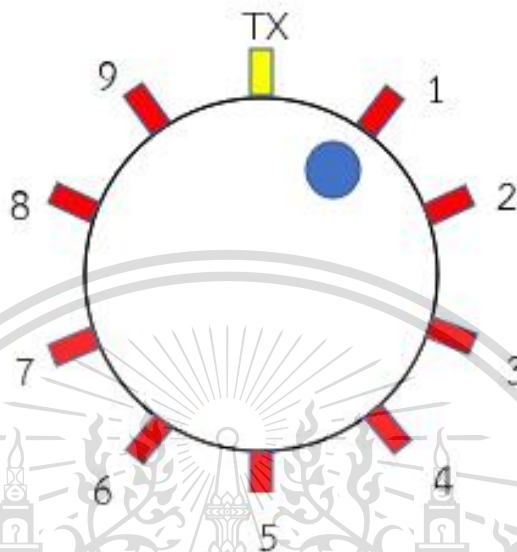
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามมิให้คัดลอกไปลงเว็บไซต์ และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5 บันทึกผลการทดลองของ Receiver แต่ละตัวเมื่อรับสัญญาณจากขดน้ำด้านหน้า ตัวรับสัญญาณ 1 เซนติเมตร และขดน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.9 เซนติเมตร

4.5.1 ขดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 1



รูปที่ 4.26 แบบจำลองตำแหน่งของขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 1

ตารางที่ 4.5.1 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 1

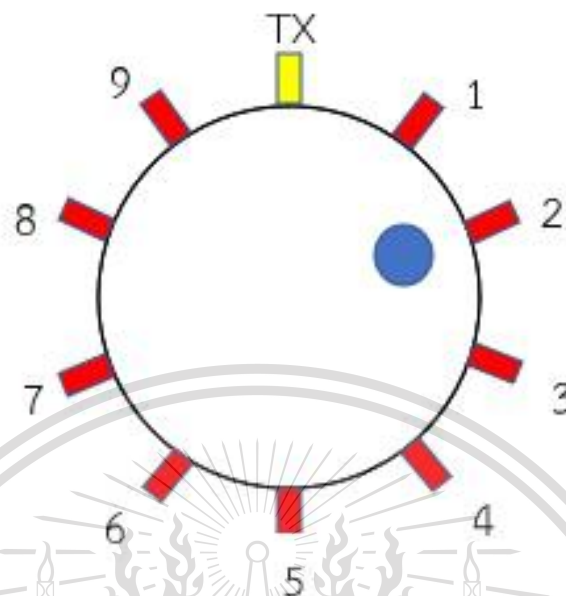
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0304
2	4.9328
3	4.3840
4	4.4344
5	4.4730
6	4.3990
7	4.3010
8	4.1900
9	4.0424

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.2 ขวดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 2



รูปที่ 4.27 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 2

ตารางที่ 4.5.2 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 2

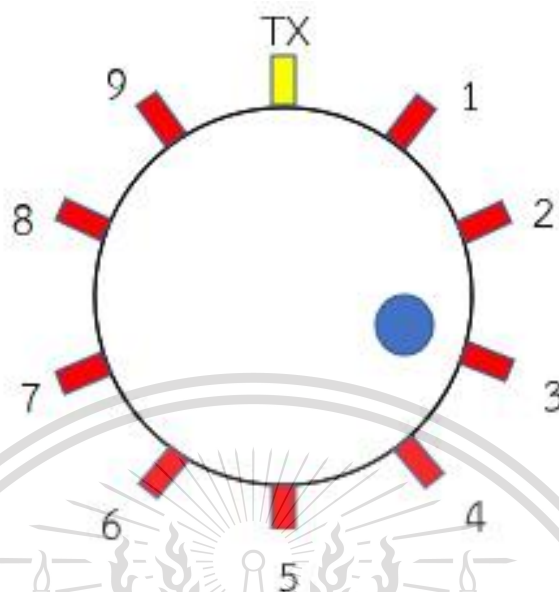
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0480
2	4.1800
3	4.3752
4	4.4160
5	4.4190
6	4.4304
7	4.4316
8	4.4202
9	4.0624

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.3 ขวดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 3



รูปที่ 4.28 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 3

ตารางที่ 4.5.3 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 3

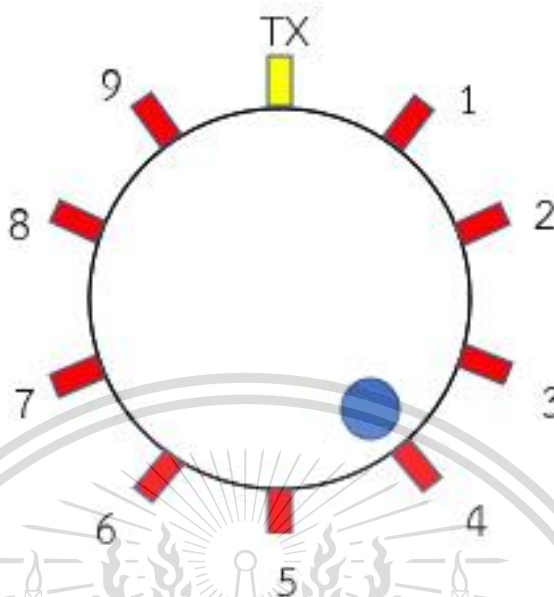
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0512
2	4.1960
3	4.3450
4	4.4110
5	4.4130
6	4.4608
7	4.4310
8	4.4199
9	4.0496

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.4 ขวดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 4



รูปที่ 4.29 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 4

ตารางที่ 4.5.4 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 4

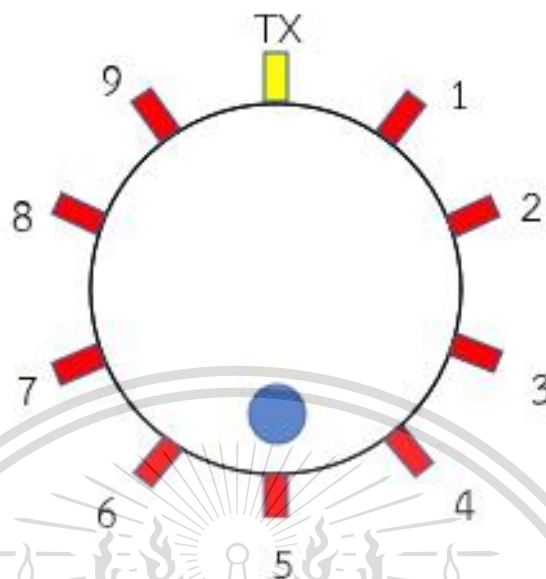
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0480
2	4.2104
3	4.3320
4	4.4176
5	4.4750
6	4.3760
7	4.3104
8	4.2016
9	4.0592

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.5 ขวดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 5



รูปที่ 4.30 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 5

ตารางที่ 4.5.5 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 5

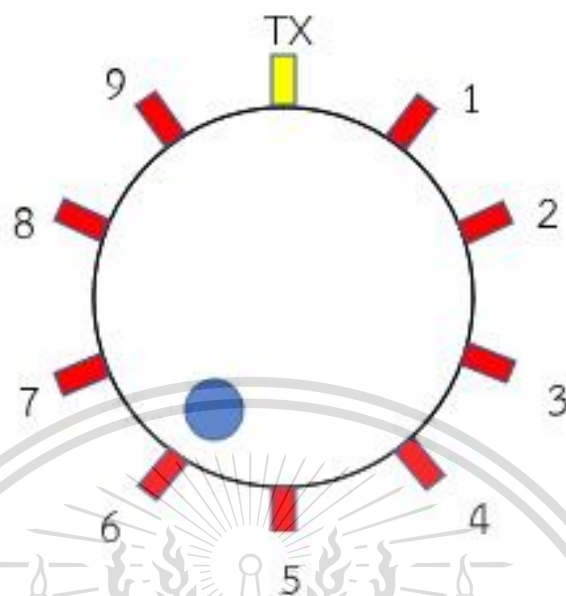
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0512
2	4.2232
3	4.3120
4	4.3730
5	4.4780
6	4.3950
7	4.3184
8	4.1880
9	4.0510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.6 ขวดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 6



รูปที่ 4.31 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 6

ตารางที่ 4.5.6 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 6

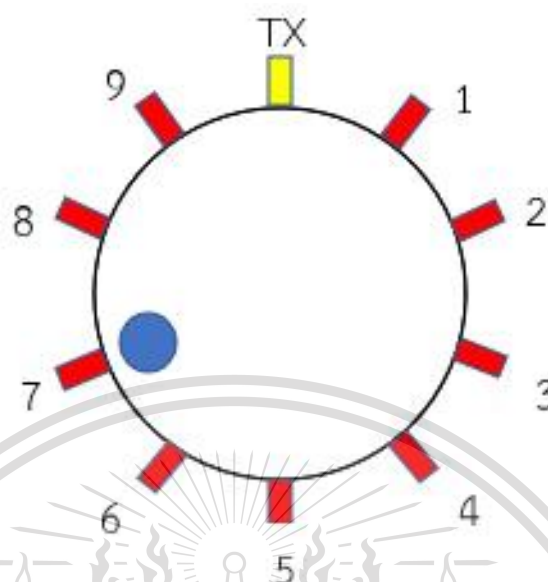
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0568
2	4.2176
3	4.3216
4	4.3576
5	4.4400
6	4.4470
7	4.2940
8	4.1864
9	4.0432

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.7 ขวดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 7



รูปที่ 4.32 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 7

ตารางที่ 4.5.7 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 7

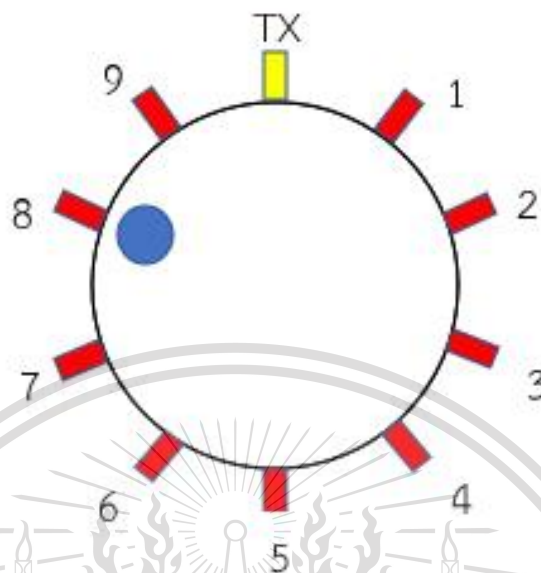
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0544
2	4.2160
3	4.3224
4	4.3608
5	4.4010
6	4.4520
7	4.3460
8	4.1824
9	4.0656

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.8 ขวดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 8



รูปที่ 4.34 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 8

ตารางที่ 4.5.8 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 8

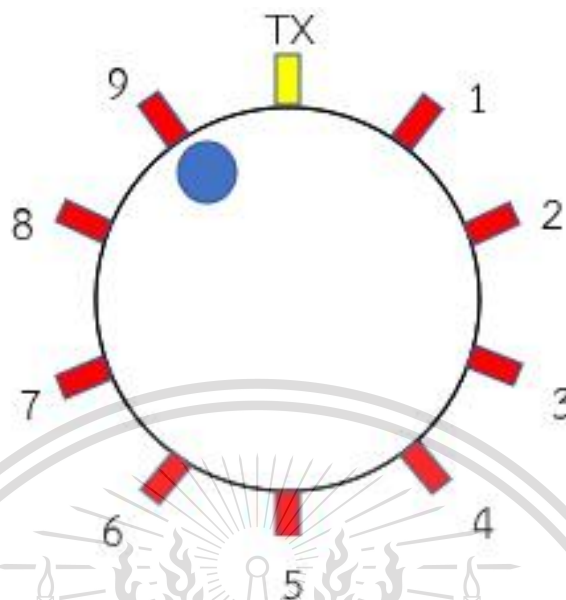
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0632
2	4.2140
3	4.3120
4	4.3790
5	4.4300
6	4.4330
7	4.3700
8	4.1528
9	4.0360

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.9 ขวดน้ำวางหน้าตัวรับสัญญาณที่ 9



รูปที่ 4.35 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 9

ตารางที่ 4.5.9 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวรับสัญญาณที่ 9

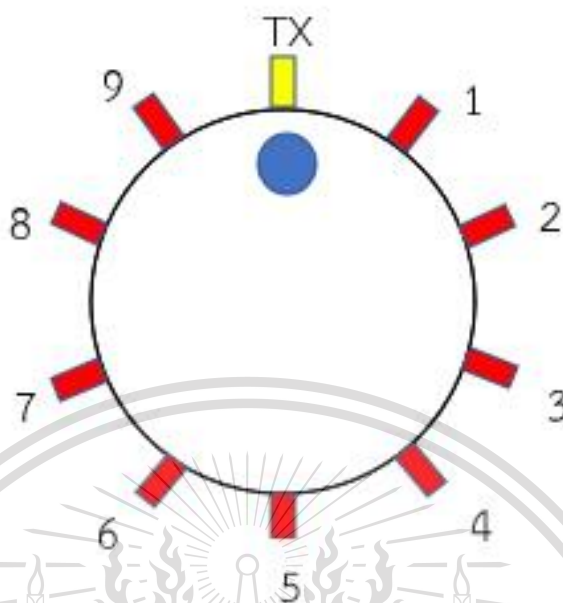
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0672
2	4.1952
3	4.3120
4	4.3900
5	4.4730
6	4.3040
7	4.3880
8	4.1650
9	4.0296

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.10 ขวดน้ำวางหน้าตัวส่งสัญญาณ



รูปที่ 4.36 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำหน้าตัวส่งสัญญาณ

ตารางที่ 4.5.10 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำหน้าตัวส่งสัญญาณ

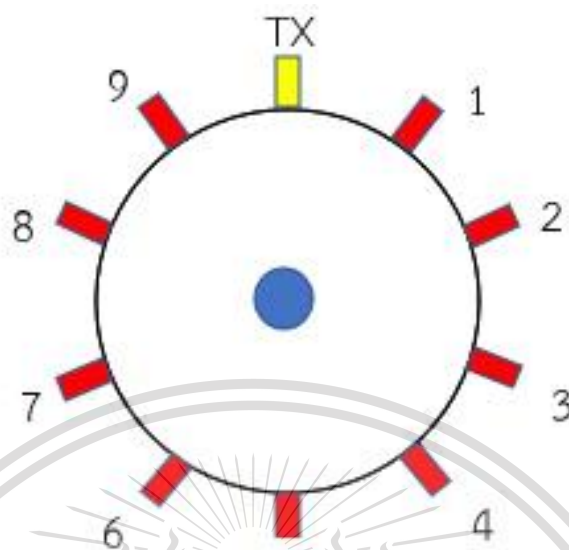
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0240
2	4.1810
3	4.3540
4	4.4330
5	4.4680
6	4.4370
7	4.3260
8	4.1570
9	4.0208

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.11 ขวดน้ำวางตรงกลาง



รูปที่ 4.37 แบบจำลองตำแหน่งของขวดน้ำวางไว้ตรงกลาง

ตารางที่ 4.5.11 ผลการทดลองเมื่อตัวกลางมีขวดน้ำวางไว้ตรงกลาง

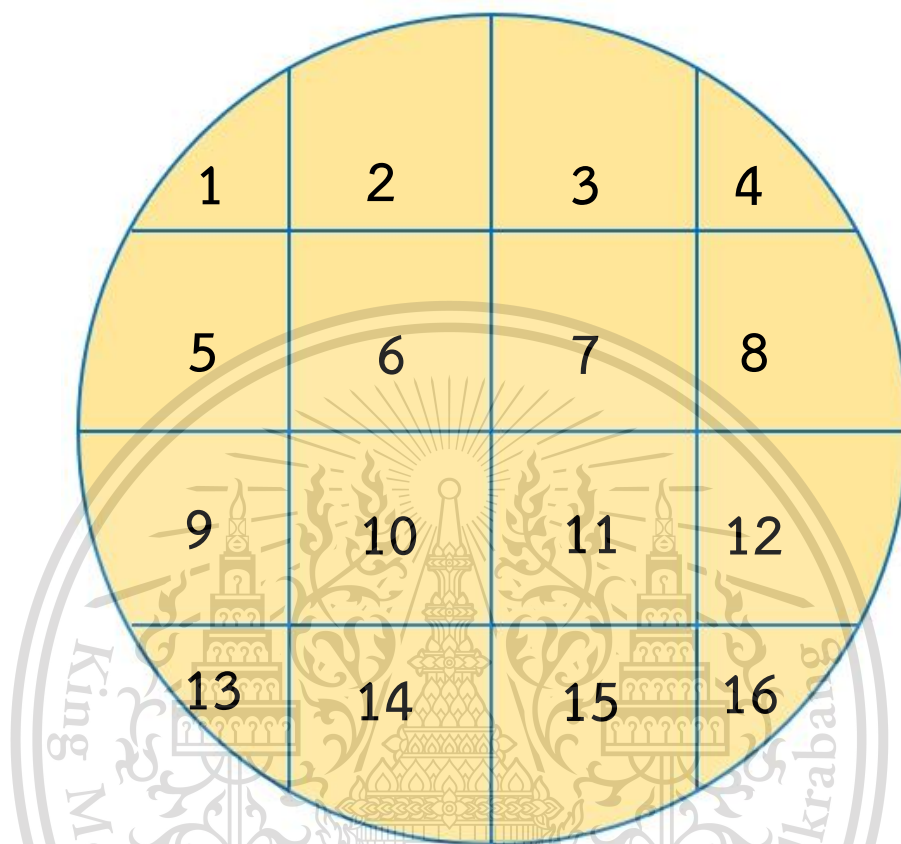
ตัวรับสัญญาณ	เวลาเฉลี่ย (ns)
1	4.0728
2	4.2016
3	4.3060
4	4.4030
5	4.4600
6	4.4220
7	4.2950
8	4.1900
9	4.0392

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6 บันทึกผลการทดลองค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver แต่ละตัว



รูปที่ 4.38 แบบจำลองตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลอง

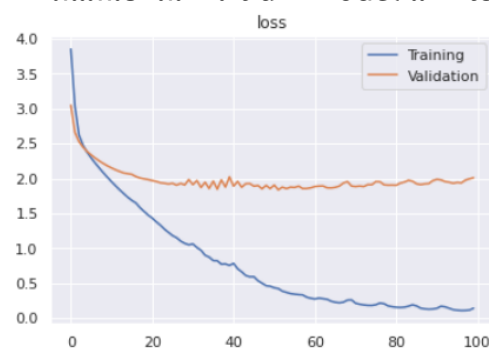
ในการทดลองนี้จะเป็นการทำนายผลของการระบุตำแหน่งเซลล์มะเร็งจำลอง โดยการใช้วิธีโครงสร้างประสาทเทียม ซึ่งจะทำนายผลของการระบุตำแหน่งในเสารับสัญญาณแต่ละตัว ตั้งแต่เสารับสัญญาณตัวที่ 1 ไปจนถึงเสารับสัญญาณตัวที่ 9 จากนั้นทำการนำ node output ของเสารับสัญญาณแต่ละตัวมาต่อกันแบบ RNN โดยตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองเป็นไปดังรูปที่ ตัวเลขต่างๆเป็นการระบุตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลอง ซึ่งตัวเลข 0 หมายถึง ไม่มีเซลล์มะเร็งจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.1 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1



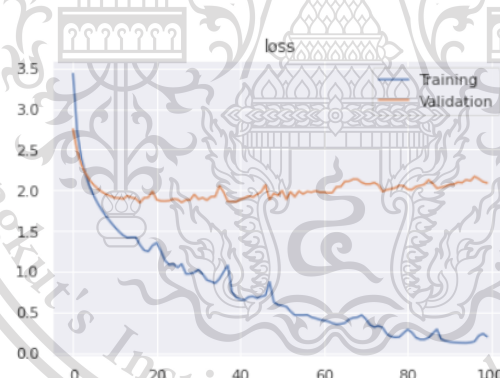
Train epoch 100 , Accuracy: 96.32352941176471 % Loss: 0.13966173899340426
 Test epoch 100 , Accuracy: 32.35294117647059 % Loss: 2.0096167354012815

รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 1

ตารางที่ 4.6.1 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1

Model	Accuracy	Loss
Train	96.3235%	0.1397
Test	32.3529%	2.0096

4.6.2 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2



Train epoch 100 , Accuracy: 94.11764705882354 % Loss: 0.2034916588582418
 Test epoch 100 , Accuracy: 32.35294117647059 % Loss: 2.0890258016029035

รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 2

ตารางที่ 4.6.2 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2

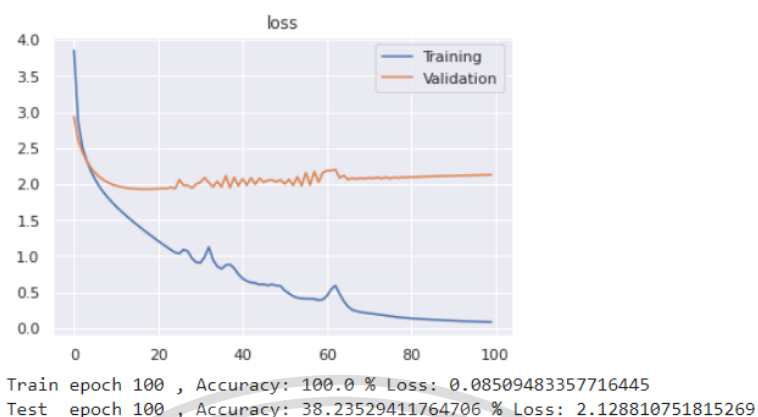
Model	Accuracy	Loss
Train	94.1176%	0.2035
Test	32.3529%	2.0890

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.3 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3

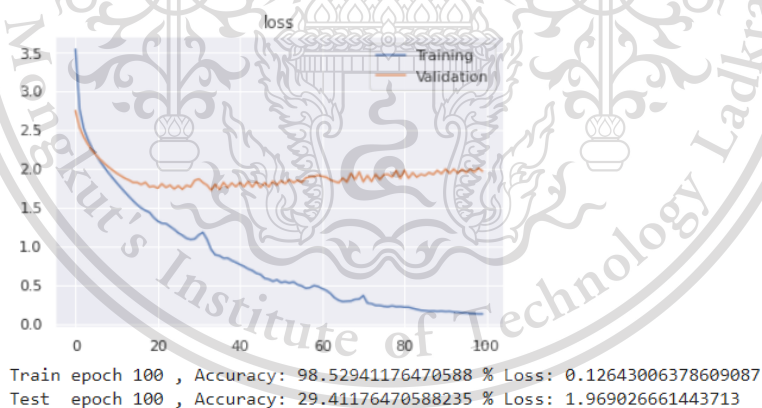


รูปที่ 4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 3

ตารางที่ 4.6.3 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3

Model	Accuracy	Loss
Train	100.0%	0.0851
Test	38.2353%	2.1288

4.6.4 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 4

ตารางที่ 4.6.4 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4

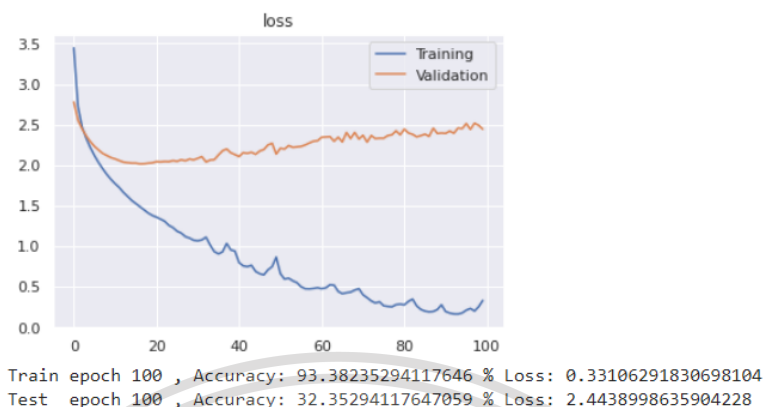
Model	Accuracy	Loss
Train	98.5294%	0.1264
Test	29.4118%	1.9690

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.5 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5

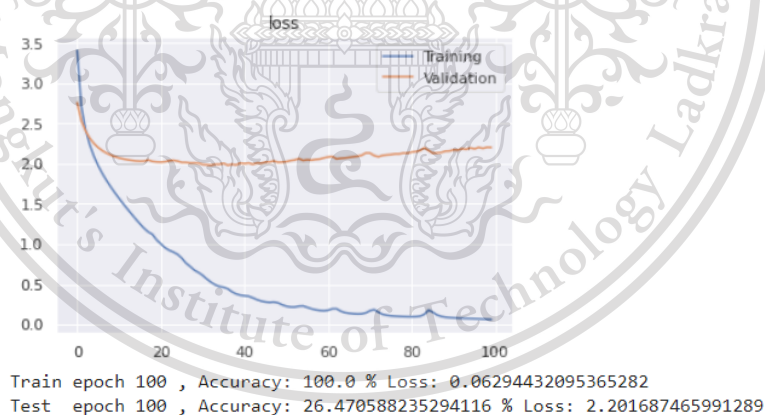


รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 5

ตารางที่ 4.6.5 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5

Model	Accuracy	Loss
Train	93.3824%	0.3311
Test	32.3529%	2.4439

4.6.6 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 6

ตารางที่ 4.6.6 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6

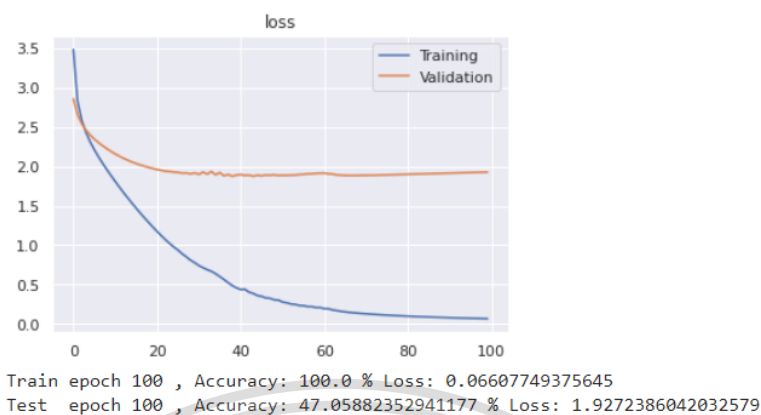
Model	Accuracy	Loss
Train	100.0%	0.0629
Test	26.4706%	2.2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.7 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7

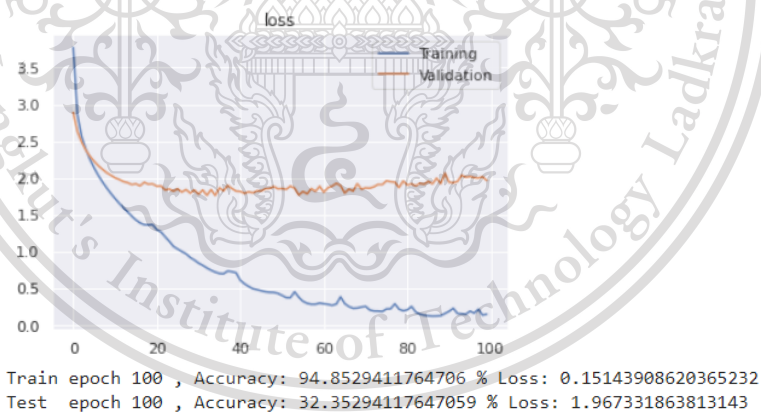


รูปที่ 4.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 7

ตารางที่ 4.6.7 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7

Model	Accuracy	Loss
Train	100.0%	0.0661
Test	47.0588%	1.9272

4.6.8 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 8

ตารางที่ 4.6.8 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8

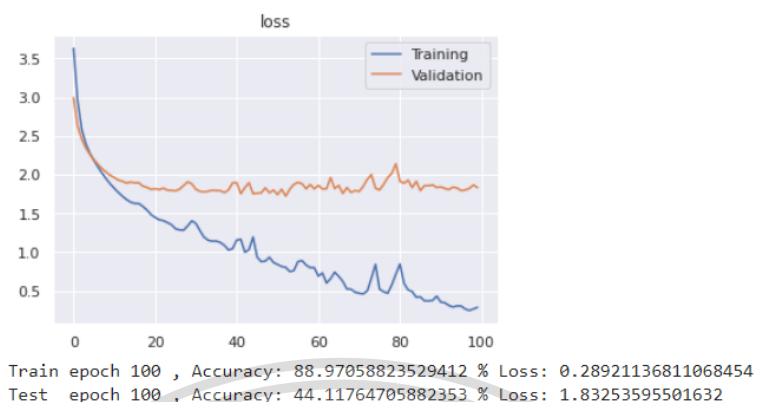
Model	Accuracy	Loss
Train	94.8529%	0.1514
Test	32.3529%	1.9673

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.9 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9



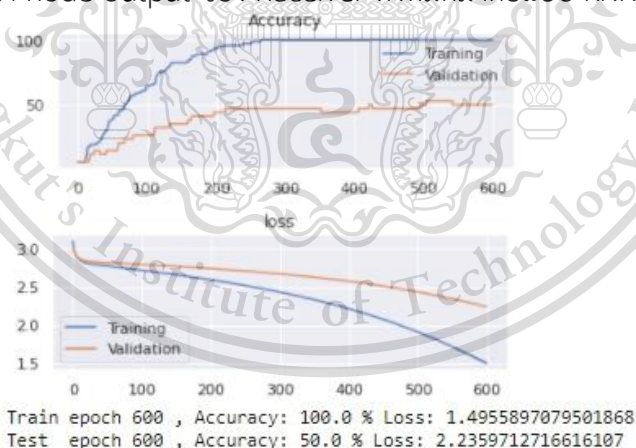
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 9

ตารางที่ 4.6.9 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9

Model	Accuracy	Loss
Train	88.9706%	0.2892
Test	44.1176%	1.8325

4.6.10 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ RNN

นำ node output ของ Receiver ทั้งหมดมาต่อแบบ RNN



รูปที่ 4.48 กราฟแสดง Accuracy และ Loss ของ RNN

ตารางที่ 4.6.10 แสดงค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ RNN

Model	Accuracy	Loss
Train	100.0%	1.4956
Test	50.0%	2.2359

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.7 บันทึกผลการทดลองค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver แต่ละตัว

เมื่อทำการ train model และ test model เราจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของ Accuracy มา ซึ่งเราสามารถดูได้ว่าโมเดลทำนายออกมาได้ output ที่ถูกหรือผิดมากน้อยเท่าไร ถ้าผิดโมเดลของเราทำนายไปที่ output ไต โดยตัวเลขในแนวแกนตั้งจะเป็นการระบุ output ที่ต้องการให้โมเดลทำนายออกมา และตัวเลขในแนวแกนนอนจะบอกว่าโมเดลทำนายได้ output ไต ซึ่งตัวเลขที่อยู่ในช่องต่างๆ จะเป็นการระบุว่า โมเดลเราทำนายค่า output นั้นกี่ครั้ง เช่น จากรูปที่ 4.48 รูปด้านซ้ายเป็นการ train model ซึ่งเราทำการ train ข้อมูลไปทั้งหมด 8 ครั้ง ถ้าเราต้องการให้ output ออกมาเป็นตำแหน่งที่ 3 (แนวแกนตั้งเป็นเลข 3) แล้วโมเดลทำนายได้ตำแหน่ง 3 (แนวแกนนอนเป็นเลข 3) โมเดลทำนายถูกทั้ง 3 ครั้ง แต่โมเดลทำนายได้ตำแหน่ง 2 (แนวแกนนอนเป็นเลข 2) โมเดลทำนายผิด 5 ครั้ง ซึ่งตารางจากรูปที่ 4.48 คือตาราง f1_score

4.7.1 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1

Training set's F1 Score: 0.9632																	Testing set's F1 Score: 0.3235																		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0		
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0		
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	16	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 4.49 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.7.2 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2

Training set's F1 Score: 0.9412																	Testing set's F1 Score: 0.3235																
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

รูปที่ 4.50 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2

4.7.3 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3

Training set's F1 Score: 1.0000																	Testing set's F1 Score: 0.3824																
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.51 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.7.4 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4

Training set's F1 Score: 0.9853																	Testing set's F1 Score: 0.2941																
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	

รูปที่ 4.52 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4

4.7.5 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5

Training set's F1 Score: 0.9338																	Testing set's F1 Score: 0.3235																
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.53 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.7.6 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6

Training set's F1 Score: 1.0000																	Testing set's F1 Score: 0.2647																
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	

รูปที่ 4.54 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6

4.7.7 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7

Training set's F1 Score: 1.0000																	Testing set's F1 Score: 0.4706																
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.8 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8

Training set's F1 Score: 0.9485																	Testing set's F1 Score: 0.3235																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	

รูปที่ 4.56 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8

4.7.9 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9

Training set's F1 Score: 0.8897																	Testing set's F1 Score: 0.4412																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีเหตุใดก็ตามที่ผู้เขียนหรือเจ้าของเอกสารนี้ถูกฟ้องหรือดำเนินคดีให้นำไปใช้

รูปที่ 4.57 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.7.10 ค่า f1_score ในการ train model และ test model ของ RNN

Training set's F1 Score: 1.0000																	Testing set's F1 Score: 0.5000																		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	

รูปที่ 4.58 ตารางแสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ RNN

4.8 บันทึกผลการทดลองค่า f1_score เมื่อทำการหมุนเซลล์มะเร็งจำลอง 4 ครั้ง

การหมุนเซลล์มะเร็งจำลองเพื่อจะทำให้ผลการทำนายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการทดลองจะหมุนทั้งหมด 4 ครั้ง แบ่งออกเป็น 0 องศา 90 องศา 180 องศา และ 270 องศา

4.8.1 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมุน 0 องศา

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

รูปที่ 4.59 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมุน 0 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.8.2 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมูน 90 องศา

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

รูปที่ 4.60 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมูน 90 องศา

4.8.3 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมูน 180 องศา

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รูปที่ 4.61 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมูน 180 องศา
 ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.8.4 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมุม 270 องศา

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 4.62 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยหมุม 270 องศา

4.8.5 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยรวมผลของการหมุนทั้ง 4 ครั้ง

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	4	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
2	0	2	1	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	4	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	2	2	0	1	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	2	3	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	2	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4	1	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	1	2
16	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นแต่มีมติเห็นชอบเป็นอย่างชัดแจ้งจากข้าพเจ้าของข้าพเจ้าในทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.63 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ RNN โดยรวมผลของการหมุนทั้ง 4 ครั้ง

4.8.6 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมุน 0 องศา

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	4
1	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	7	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	2	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	2	4	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	2	8	1	2	1	1	2	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	3	4	1	2	2	2	2	1	0	1	0
7	0	0	0	0	1	0	3	3	2	2	0	1	3	3	0	0	0
8	0	0	0	0	0	3	2	2	1	4	3	3	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	4	1	2	2	2	1	2	2	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	3	4	1	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	1	4	0	2	3	3	2	1	2	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	2	3	4	2	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	3	6	3	1	1	3	0	0	0	0
14	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	3	3
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	5
16	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	3	8

รูปที่ 4.64 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมุน 0 องศา

4.8.7 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมุน 90 องศา

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	4
1	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	3	6	0
2	0	2	2	1	0	0	2	4	0	0	1	1	0	1	2	2	0
3	0	0	1	8	0	0	2	1	0	0	1	2	0	0	0	1	2
4	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	8	0	0	0	3	0	0	0	3	0	1	0
6	0	0	5	0	0	0	3	1	0	0	4	1	0	0	1	3	0
7	0	1	2	0	0	0	2	3	0	1	2	4	0	0	2	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	0	4
9	0	0	0	0	0	5	0	0	0	7	0	0	0	5	0	0	0
10	0	2	3	1	0	0	3	4	0	0	2	0	0	0	1	2	0
11	0	3	2	0	0	0	0	3	0	0	1	3	0	0	3	2	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	13	0	0	0	3
13	0	0	0	0	0	4	0	1	0	3	0	0	0	8	0	0	0
14	3	2	5	0	0	0	2	1	0	0	3	0	0	0	4	1	0
15	1	0	4	3	0	0	3	2	0	0	3	2	0	0	0	1	0
16	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	11	

รูปที่ 4.65 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมุน 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.8.8 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมูน 180 องศา

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	4
1	0	8	3	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	5	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	3	3	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	3	1	1	3	6	3	1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	2	4	3	2	5	1	0	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	2	1	2	3	3	2	0	4	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	4	3	5	3	1	1	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	2	2	1	2	2	2	1	4	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	3	3	4	1	2	2	3	0	0	0	0
10	0	0	0	0	3	3	1	0	2	2	3	3	0	1	0	0	0
11	0	0	1	0	1	2	2	2	2	1	4	3	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	2	1	8	2	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	4	2	0
14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	2	0
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	7	0
16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18

รูปที่ 4.66 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมูน 180 องศา

4.8.9 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมูน 270 องศา

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	4
1	0	11	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	0	2	3	0	0	2	3	0	0	3	4	0
3	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	1	2	0	0	0	5	2
4	0	0	0	0	8	0	0	0	3	0	1	0	4	0	0	0	0
5	0	3	0	0	0	13	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1	2	3	0	0	3	1	0	0	3	0	0	0	0	2	3
7	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	4	3	0	0	1	3	2
8	0	0	0	0	5	0	0	0	7	0	0	0	5	0	0	0	0
9	0	4	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	2	0	0	4	2	1	0	3	2	0	0	0	2	1
11	0	0	3	1	0	0	1	4	0	0	1	3	0	0	0	5	0
12	0	0	1	0	3	0	0	0	3	0	0	0	8	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0
14	3	2	1	0	0	0	2	1	0	0	1	2	0	0	8	1	0
15	1	0	2	2	1	0	1	1	0	0	4	2	0	0	1	2	2
16	2	0	6	3	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0	0	3	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.67 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยหมูน 270 องศา

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.8.10 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยรวมผลของการหมุนทั้ง 4 ครั้ง

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	8	8	16
1	0	37	6	4	0	4	1	1	0	2	1	4	0	0	4	6	0
2	0	7	17	13	4	0	4	7	0	0	3	4	0	1	5	6	0
3	0	3	7	33	3	0	2	4	0	1	2	4	0	0	0	6	4
4	0	0	2	4	37	4	1	1	6	6	4	1	4	0	0	0	0
5	0	3	0	0	4	33	4	4	6	7	2	2	0	3	0	1	0
6	0	1	7	3	2	1	11	9	4	4	9	7	3	1	1	6	3
7	0	1	4	1	1	1	9	11	7	6	7	9	3	3	3	4	2
8	0	1	0	0	7	5	3	4	17	6	4	7	13	0	0	0	4
9	0	4	0	0	0	13	7	4	6	17	4	3	5	7	0	0	1
10	0	2	4	3	3	3	9	7	6	7	11	9	1	1	1	4	1
11	0	3	6	1	1	3	7	9	4	4	9	11	1	2	3	7	1
12	0	0	1	0	3	0	2	2	7	6	4	4	33	4	0	0	3
13	0	0	0	0	0	4	1	4	6	6	1	1	4	37	4	2	0
14	12	4	6	0	0	0	4	2	1	0	4	2	0	3	33	7	3
15	4	0	6	5	1	0	4	3	0	0	7	4	0	4	13	17	7
16	8	0	6	4	0	0	4	1	2	0	1	1	4	0	4	6	37

รูปที่ 4.68 ตารางแสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยรวมผลของการหมุนทั้ง 4 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง 1 การวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนน้อยกว่า ในที่คำนวณเอาไว้ แต่ยังมีความสามารถพอที่จะใช้งานได้ จะเห็นได้จากมีความถี่บางช่วงที่มีค่าต่ำกว่า -10 dB

การทดลองที่ 2 ใช้ตัวรับสัญญาณตัวที่ 5 เป็นหลัก ใช้ทดลองหาระยะทางและองศาการรับสัญญาณ พบว่าเมื่อมีระยะห่างของตัวรับสัญญาณกับตัวส่งสัญญาณมากขึ้น จะทำให้มีระยะเวลาในการรับสัญญาณเพิ่มมากขึ้น และในการทดลององศาการรับสัญญาณนั้น ถ้าหากขนานกับตัวส่งสัญญาณจะรับสัญญาณได้ดีที่สุด แต่เมื่อขยับไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับตัวส่งสัญญาณจะทำให้ค่าขนาดของสัญญาณลดลงและเป็น 0 เมื่อตัวรับสัญญาณตั้งฉากกับตัวส่งสัญญาณ

การทดลองที่ 3 เปลี่ยนตัวรับสัญญาณเพื่อระยะเวลาจากตัวส่งสัญญาณไปยังตัวรับสัญญาณที่มีระยะทางและองศาต่างกัน พบว่าตัวรับสัญญาณที่มีระยะทางและองศาเดียวกัน เช่น ตัวที่ 1 และ 9 หรือ ตัวที่ 2 และ 8 จะมีระยะเวลารับใกล้เคียงกัน ซึ่งระยะเวลาตัวรับสัญญาณที่ 1 จะรับไวที่สุด แต่ตัวรับสัญญาณที่ 5 จะรับสัญญาณได้ช้าที่สุด โดยที่ระยะเวลาจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ 1 ถึง 5

การทดลองที่ 4 เป็นการทดลองโดยวัดเวลาตั้งแต่สัญญาณส่งออกจากเสาส่งสัญญาณไปยังเสารับสัญญาณ พบว่าเสารับสัญญาณตัวที่ 6 ใช้เวลามากที่สุด และเสารับสัญญาณตัวที่ 1 ใช้เวลาน้อยที่สุด

การทดลองที่ 5 วางน้ำที่มีค่าไดอิเล็กทริกมากกว่าอากาศ ไว้ที่ตำแหน่งหน้าตัวรับและตัวส่งสัญญาณ 1 เซนติเมตร และวางไว้ตรงกลางระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ เพื่อดูเวลาที่จะรับมาต้องมีค่าที่มากขึ้น ซึ่งแนวโน้มส่วนใหญ่จะมีเวลาที่เพิ่มขึ้น

การทดลองที่ 6 การทำนายผลของการระบุตำแหน่งของเซลล์มะเร็ง โดยใช้วิธีโครงสร้างประสาทเทียม ซึ่งการทดลองนี้จะดูผลของค่าความแม่นยำของการ train model และ test model ของ Receiver แต่ละตัวรวมไปถึงการต่อ node output ของ Receiver ทั้งหมดแบบ RNN โดยผลการทดลองออกมาพบว่าค่าความแม่นยำในการ train model มีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งมีแนวโน้มที่ดี แต่ค่า test model มีค่าไม่สูงมาก ซึ่งอาจจะทำนายออกมาไม่ดีเท่าที่ควร

การทดลองที่ 7 ผลของ f1_score จากผลการ train model และ test model ของการทดลองที่ 6 ซึ่งจากผลการทดลองจะทำให้เราทราบได้ว่าผลการทำนายในการ test model มีการทำนายที่

เอกสารนี้เป็นผลิตภัณฑ์ไป output ใดบ้างการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การทดลองที่ 8 เป็นการหมุนเซลล์มะเร็งจำลอง 4 ครั้ง ดังนี้หมุน 0 องศา 90 องศา 180 องศา และ 270 องศา การหมุนจะส่งผลให้การระบุตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลองมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่า f1_score รวมของการหมุน RNN นั้นมีตำแหน่งที่ 6-11 ที่ค่าออกมาไม่มาก ซึ่งส่งผลให้การทำนายมีประสิทธิภาพน้อย แต่ค่า f1_score รวมของการหมุน Receiver ทั้งหมด มีแนวโน้มประสิทธิภาพการทำนายที่ดีขึ้น

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดลองที่ 5 ทดลองเมื่อมีน้ำ พบว่าอาจจะมีการคลาดเคลื่อนของสัญญาณเนื่องจากแอมพลิจูดของสายอากาศบางตัวนั้นน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ว่ารับสัญญาณที่คลื่นใด

ในการทดลองที่ 6 ค่าความแม่นยำของ Train model สูงแต่ค่าความแม่นยำใน Test model ต่ำ อาจเกิดจากการที่ข้อมูลที่มีนั้นน้อยเกินไป ทำให้ผลออกมาไม่ดีเท่าที่ควร

ในการทดลองที่ 7 ผลของ f1 score ส่วนใหญ่ทำนายถูกในตำแหน่งใกล้ๆ เสาส่งสัญญาณ แต่ทำนายผิดในส่วนที่เหลือโดยเฉพาะช่วงกลางของตัวเซลล์จำลอง อาจเกิดจากระยะทางที่ห่างกันของเสาสัญญาณหรือความละเอียดของสัญญาณไม่พอที่จะแยกวัตถุที่ใกล้เคียงกันเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- AmproHealth. (2561). ส่วนประกอบของเต้านม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://amprohealth.com> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].
- ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ. (2560). ระยะของมะเร็งเต้านม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.bangkokpattayahospital.com> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].
- Tuemaster Admin. (2562). สถิติของมะเร็งเต้านม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://tuemaster.com> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].
- รศ.นพ.อดุลย์ รัตนวิจิตราศิลป์. (2553). การตรวจโรคของเต้านม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.si.mahidol.ac.th> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].
- Wikipedia. (2563). Permeability (electromagnetism). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://en.wikipedia.org/wiki/Permeability> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].
- Wikipedia. (2563). Signal velocity. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
https://en.wikipedia.org/wiki/Signal_velocity [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].
- Ongosk. (2553). Ultra wide band (UWB) technology เทคโนโลยีไร้สาย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://ongosk.blogspot.com> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].
- รศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค. (2554). S-Parameter. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://antenna-km.blogspot.com> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].
- PSP TECH Co.,Ltd. (2557). รีเลย์ (Relay). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.psptech.co.th> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 พฤษภาคม 2563].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. โค้ดการดึงข้อมูล

```

clear all; close all; clc;

c = physconst('LightSpeed'); % Speed of Light
waveform.nScan = 1;
ScanNo = waveform.nScan % Scan Number

Scope = visa('agilent','GPIB1::1::INSTR');
Scope.InputBufferSize = 2e6; % set buffer size
Scope.Timeout = 20; % set output time
Scope.ByteOrder = 'littleEndian'; % set byte order
fopen(Scope); % open

dx = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:XINcr?')); %% query timeperdiv scail
dy = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:YMult?')); %% query voltperdiv scail
%dy1 = 1.5625e-06 %%10mv/div
%dy = 0.78125e-06
%dy = 0.59854925e-06 %%5mv/div
%dy = 0.28601487e-06 %%2mv/div
%dy = 0.76555754e-06

% Points = str2double(query(visaObj,'WFMinpre:NR_Pt?')); %%Number of Range
waveform.Points = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:NR_Pt?')); %%Number of
Range
yoff = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:YOff?')); %% query volt offset
yori = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:YZero?')); %%
N = waveform.Points;
SecPerDiv = N*dx/10;
%VoltPerDiv = (N+1200)*dy/8;
VoltPerDiv = 10e-03;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

dt = (max(t) - min(t))/N;
figure
fprintf(Scope,'DATA:ENCdg SRibinary'); %% acquire data format
fprintf(Scope,'DATA:SOURce CH1'); %% channel determination
fprintf(Scope,'CURVe?'); %% graph data collection

```

```

Data_Tx = binblockread(Scope,'int16'); %% rawdata
Data_Tx = (dy*(Data_Tx-yoff))+ yori; %% axis tunable
waveform.t=t;
waveform.dt=dt;
waveform.Tx=Data_Tx;
plot(t,Data_Tx)
title('Tx','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
% xticks([0:0.5e-8:max(t)])
xlabel('Time [s]','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
ylabel('Volts [V]','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
set(gca,'Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
grid on

```

```

figure
fprintf(Scope,'DATA:ENCdg SRibinary'); %% acquire data format
fprintf(Scope,'DATA:SOURce CH3'); %% channel determination
fprintf(Scope,'CURVe?'); %% graph data collection
Data_Rx = binblockread(Scope,'int16'); %% rawdata
Data_Rx = (dy*(Data_Rx-yoff))+ yori; %% axis tunable
waveform.t=t;
waveform.dt=dt;
waveform.Rx=Data_Rx;
plot(t,Data_Rx)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

xlabel('Time [s]','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
ylabel('Volts [V]','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
set(gca,'Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
grid on

fprintf(Scope,'*CLS');
fclose(Scope);
delete(Scope);
clear Scope;
save('Rx_1.mat')

```

2. โค้ดประมวลผล

```

load('A_4.mat')
Tx = Data_TxA_4;
Rx = Data_RxA_4;
thr1 = 0.01;
xth = wthresh(Tx,'h',thr1);
[pks,locs] = findpeaks(xth,t);
plot(t,xth,locs,pks,'or')
hold on
thr = 0.00001;
ythard = wthresh(Rx,'h',thr);
plot(t,ythard)
hold on
[TF11,P11] = islocalmin(ythard);
plot(t,ythard,t(TF11),ythard(TF11),'or')
a = t(TF11);
dis1 = a(1)-locs(1)

```

เอกสารนี้เป็น **time domain_1** ทรัพยากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.โค้ดการควบคุมวงจรช่องทางรับสัญญาณ

```
#include <TM1638plus.h>
```

```
const int relay1 = 2;
```

```
const int relay2 = 3;
```

```
const int relay3 = 4;
```

```
const int relay4 = 5;
```

```
const int relay5 = 6;
```

```
const int relay6 = 7;
```

```
const int relay7 = 8;
```

```
const int relay8 = 9;
```

```
const int relay9 = 10;
```

```
const int relay10 = 11;
```

```
const int STB = 36;
```

```
const int CLK = 38;
```

```
const int DIO = 40;
```

```
int i = 0;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  tm.displayBegin();
```

```
  pinMode(relay1, OUTPUT);
```

```
  pinMode(relay2, OUTPUT);
```

```
  pinMode(relay3, OUTPUT);
```

```
  pinMode(relay4, OUTPUT);
```

```
  pinMode(relay5, OUTPUT);
```

```
  pinMode(relay6, OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
pinMode(relay7, OUTPUT);
pinMode(relay8, OUTPUT);
pinMode(relay9, OUTPUT);
pinMode(relay10, OUTPUT);
```

```
pinMode(STB, OUTPUT);
pinMode(CLK, OUTPUT);
pinMode(DIO, OUTPUT);
```

```
pinMode(S1,INPUT);
}

void loop() {
  if(S1 = HIGH){
    i++;
  }
  switch (i)
  {
    case 1: tm.displayText("00000001"); digitalWrite(relay10,LOW); digitalWrite(relay1,HIGH);
    break;
    case 2: tm.displayText("00000002"); digitalWrite(relay1,LOW); digitalWrite(relay2,HIGH);
    break;
    case 3: tm.displayText("00000003"); digitalWrite(relay2,LOW); digitalWrite(relay3,HIGH);
    break;
    case 4: tm.displayText("00000004"); digitalWrite(relay3,LOW); digitalWrite(relay4,HIGH);
    break;
    case 5: tm.displayText("00000005"); digitalWrite(relay4,LOW); digitalWrite(relay5,HIGH);
    break;
    case 6: tm.displayText("00000006"); digitalWrite(relay5,LOW); digitalWrite(relay6,HIGH);
    break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

    case 7: tm.displayText("00000007"); digitalWrite(relay6,LOW); digitalWrite(relay7,HIGH);
break;

    case 8: tm.displayText("00000008"); digitalWrite(relay7,LOW); digitalWrite(relay8,HIGH);
break;

    case 9: tm.displayText("00000009"); digitalWrite(relay8,LOW); digitalWrite(relay9,HIGH);
break;

    case 10:tm.displayText("00000010"); digitalWrite(relay9,LOW); digitalWrite(relay10,HIGH);
i=0; break;

    default: break;
}
}

```

4. โค้ดการนำข้อมูลไปประมวลผลหาตำแหน่งโดยใช้วิธีโครงสร้างประสาทเทียม

```

#Action function
def Relu(Z):
    A_i = Z*(Z>0)
    return A_i
def df_Relu(A_i):
    df_ai = (A_i>0)
    return df_ai
def tanh(Z):
    A_i = np.tanh(Z)
    return A_i
def df_tanh(A_i):
    df_ai = 1-A_i**2
    return df_ai
def sigmoid(Z):
    A_i = 1/(1+np.exp(-Z))
    return A_i

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

def softmax(Z):
    A_i = np.exp(Z)/np.exp(Z).sum(axis=1,keepdims=True)
    return A_i

def min4norm(Data):
    _min = Data.min(axis=0)
    return _min.reshape(1, -1)

def max4norm(Data):
    _max = Data.max(axis=0)
    return _max.reshape(1, -1)

def mean4norm(Data):
    _mean = Data.mean(axis=0)
    return _mean.reshape(1, -1)

def std4norm(Data):
    _std = Data.std(axis=0)
    return _std.reshape(1, -1)

def ed4norm(Data):
    _ed = np.sqrt((Data**2).sum(axis=0))
    return _ed.reshape(1, -1)

def minmaxNorm(Data, _min, _max, a=0, b=1):
    Data_norm = (Data - _min)*(b-a)/(_max - _min) + a
    return Data_norm

def meanNorm(Data, _min, _max, _mean):
    Data_norm = (Data - _mean)/(_max - _min)
    return Data_norm

def standardization(Data, _mean, _std):
    Data_norm = (Data - _mean)/_std
    return Data_norm

def SUL(Data, _ed):
    Data_norm = Data/_ed
    return Data_norm

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
def de_minmaxNorm(Data_norm, _min, _max, a=0, b=1):
```

```
    Data = Data_norm*( _max - _min)/(b-a) + _min
```

```
    return Data
```

```
def de_meanNorm(Data_norm, _min, _max, _mean):
```

```
    Data = Data_norm*( _max - _min) + _mean
```

```
    return Data
```

```
def de_standardization(Data_norm, _mean, _std):
```

```
    Data = Data_norm* _std + _mean
```

```
    return Data
```

```
def de_SUL(Data_norm, _ed):
```

```
    Data = Data_norm*_ed
```

```
    return Data
```

```
#Load data
```

```
none = pd.read_excel(data, 'None', index_col=None, header=None)
```

```
df11 = pd.read_excel(data, 'C11', index_col=None, header=None)
```

```
df12 = pd.read_excel(data, 'C12', index_col=None, header=None)
```

```
df13 = pd.read_excel(data, 'C13', index_col=None, header=None)
```

```
df14 = pd.read_excel(data, 'C14', index_col=None, header=None)
```

```
df21 = pd.read_excel(data, 'C21', index_col=None, header=None)
```

```
df22 = pd.read_excel(data, 'C22', index_col=None, header=None)
```

```
df23 = pd.read_excel(data, 'C23', index_col=None, header=None)
```

```
df24 = pd.read_excel(data, 'C24', index_col=None, header=None)
```

```
df31 = pd.read_excel(data, 'C31', index_col=None, header=None)
```

```
df32 = pd.read_excel(data, 'C32', index_col=None, header=None)
```

```
df33 = pd.read_excel(data, 'C33', index_col=None, header=None)
```

```
df34 = pd.read_excel(data, 'C34', index_col=None, header=None)
```

```
df41 = pd.read_excel(data, 'C41', index_col=None, header=None)
```

```
df42 = pd.read_excel(data, 'C42', index_col=None, header=None)
```

```
df43 = pd.read_excel(data, 'C43', index_col=None, header=None)
```

เอกสารนี้เป็นของลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
df44 = pd.read_excel(data, 'C44', index_col=None, header=None)
Y = pd.read_excel(data, 'Clas', index_col=None, header=None)
```

```
#One hot
```

```
Y = np.asarray(Y)
```

```
def one_hot_matrix(Y,Max):
```

```
    N=Y.shape[0]
```

```
    max_value=Max+1
```

```
    one_hot_matrix = np.zeros([N, max_value])
```

```
    for i in range(N):
```

```
        j=Y[i]
```

```
        one_hot_matrix[i,j]=1
```

```
    return one_hot_matrix
```

```
Y_hot = one_hot_matrix(Y,16)
```

```
#Label data
```

```
for i in range(len(df11_Train)):
```

```
    df_Train0 = np.append(none_Train[i],Y_hot[0])
```

```
    c_none.append(df_Train0)
```

```
for i in range(len(df11_Train)):
```

```
    df_Train1 = np.append(df11_Train[i],Y_hot[1])
```

```
    c11.append(df_Train1)
```

```
for i in range(len(df12_Train)):
```

```
    df_Train2 = np.append(df12_Train[i],Y_hot[2])
```

```
    c12.append(df_Train2)
```

```
for i in range(len(df11_Train)):
```

```
    df_Train3 = np.append(df13_Train[i],Y_hot[3])
```

```
    c13.append(df_Train3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train4 = np.append(df14_Train[i],Y_hot[4])
    c14.append(df_Train4)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train5 = np.append(df21_Train[i],Y_hot[5])
    c21.append(df_Train5)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train6 = np.append(df22_Train[i],Y_hot[6])
    c22.append(df_Train6)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train7 = np.append(df23_Train[i],Y_hot[7])
    c23.append(df_Train7)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train8 = np.append(df24_Train[i],Y_hot[8])
    c24.append(df_Train8)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train9 = np.append(df31_Train[i],Y_hot[9])
    c31.append(df_Train9)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train10 = np.append(df32_Train[i],Y_hot[10])
    c32.append(df_Train10)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train11 = np.append(df33_Train[i],Y_hot[11])
    c33.append(df_Train11)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train12 = np.append(df34_Train[i],Y_hot[12])
    c34.append(df_Train12)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train13 = np.append(df41_Train[i],Y_hot[13])
    c41.append(df_Train13)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษานั่น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train14 = np.append(df42_Train[i],Y_hot[14])
    c42.append(df_Train14)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train15 = np.append(df43_Train[i],Y_hot[15])
    c43.append(df_Train15)
for i in range(len(df11_Train)):
    df_Train16 = np.append(df44_Train[i],Y_hot[16])
    c44.append(df_Train16)

```

```
#แบ่ง data train test
```

```

train_stop = 8
test_start = 8
test_stop = 10
cut_sam = 5000

```

```
def rx_train(li,a,b,time):
```

```
    for ii in range(time):
```

```
        for i in range(a,b):
```

```
            RX1_train.append(li[i])
```

```
            a = a+10
```

```
            b = b+10
```

```
        for i in range(a,b):
```

```
            RX2_train.append(li[i])
```

```
            a = a+10
```

```
            b = b+10
```

```
        for i in range(a,b):
```

```
            RX3_train.append(li[i])
```

```
            a = a+10
```

```
            b = b+10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

for i in range(a,b):
    RX4_train.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX5_train.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX6_train.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX7_train.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX8_train.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX9_train.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
def rx_test(li,a,b,time):
    for ii in range(time):
        for i in range(a,b):
            RX1_test.append(li[i])
a = a+10
b = b+10

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

for i in range(a,b):
    RX2_test.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX3_test.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX4_test.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX5_test.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX6_test.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX7_test.append(li[i])
a = a+10
b = b+10
for i in range(a,b):
    RX8_test.append(li[i])
a = a+10
b = b+10

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

for i in range(a,b):
    RX9_test.append(li[i])

a = a+10
b = b+10

```

#แยกข้อมูลและ label เพื่อเตรียมการนำไป Train model

```

for i in range(len(RX1_train)):
    RX1_train_x.append(RX1_train[i][0:cut_sam])
    RX1_train_y.append(RX1_train[i][5000:5017])
    RX2_train_x.append(RX2_train[i][0:cut_sam])
    RX2_train_y.append(RX2_train[i][5000:5017])
    RX3_train_x.append(RX3_train[i][0:cut_sam])
    RX3_train_y.append(RX3_train[i][5000:5017])
    RX4_train_x.append(RX4_train[i][0:cut_sam])
    RX4_train_y.append(RX4_train[i][5000:5017])
    RX5_train_x.append(RX5_train[i][0:cut_sam])
    RX5_train_y.append(RX5_train[i][5000:5017])
    RX6_train_x.append(RX6_train[i][0:cut_sam])
    RX6_train_y.append(RX6_train[i][5000:5017])
    RX7_train_x.append(RX7_train[i][0:cut_sam])
    RX7_train_y.append(RX7_train[i][5000:5017])
    RX8_train_x.append(RX8_train[i][0:cut_sam])
    RX8_train_y.append(RX8_train[i][5000:5017])
    RX9_train_x.append(RX9_train[i][0:cut_sam])
    RX9_train_y.append(RX9_train[i][5000:5017])

```

```

for i in range(len(RX1_test)):
    RX1_test_x.append(RX1_test[i][0:cut_sam])
    RX1_test_y.append(RX1_test[i][5000:5017])
    RX2_test_x.append(RX2_test[i][0:cut_sam])

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
RX2_test_y.append(RX2_test[i][5000:5017])
```

```
RX3_test_x.append(RX3_test[i][0:cut_sam])
```

```
RX3_test_y.append(RX3_test[i][5000:5017])
```

```
RX4_test_x.append(RX4_test[i][0:cut_sam])
```

```
RX4_test_y.append(RX4_test[i][5000:5017])
```

```
RX5_test_x.append(RX5_test[i][0:cut_sam])
```

```
RX5_test_y.append(RX5_test[i][5000:5017])
```

```
RX6_test_x.append(RX6_test[i][0:cut_sam])
```

```
RX6_test_y.append(RX6_test[i][5000:5017])
```

```
RX7_test_x.append(RX7_test[i][0:cut_sam])
```

```
RX7_test_y.append(RX7_test[i][5000:5017])
```

```
RX8_test_x.append(RX8_test[i][0:cut_sam])
```

```
RX8_test_y.append(RX8_test[i][5000:5017])
```

```
RX9_test_x.append(RX9_test[i][0:cut_sam])
```

```
RX9_test_y.append(RX9_test[i][5000:5017])
```

```
#Normalization
```

```
mean_RX1_Train = mean4norm(RX1_train_x)
```

```
std_RX1_Train = std4norm(RX1_train_x)
```

```
RX1_Train_norm = standardization(RX1_train_x, mean_RX1_Train, std_RX1_Train)
```

```
RX1_Train_meannorm = meanNorm(RX1_train_x, min4norm(RX1_train_x),
```

```
max4norm(RX1_train_x), mean4norm(RX1_train_x))
```

```
mean_RX2_Train = mean4norm(RX2_train_x)
```

```
std_RX2_Train = std4norm(RX2_train_x)
```

```
RX2_Train_norm = standardization(RX2_train_x, mean_RX2_Train, std_RX2_Train)
```

```
mean_RX3_Train = mean4norm(RX3_train_x)
```

```
std_RX3_Train = std4norm(RX3_train_x)
```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$RX3_Train_norm = standardization(RX3_train_x, mean_RX3_Train, std_RX3_Train)$

$mean_RX4_Train = mean4norm(RX4_train_x)$

$std_RX4_Train = std4norm(RX4_train_x)$

$RX4_Train_norm = standardization(RX4_train_x, mean_RX4_Train, std_RX4_Train)$

$mean_RX5_Train = mean4norm(RX5_train_x)$

$std_RX5_Train = std4norm(RX5_train_x)$

$RX5_Train_norm = standardization(RX5_train_x, mean_RX5_Train, std_RX5_Train)$

$mean_RX6_Train = mean4norm(RX6_train_x)$

$std_RX6_Train = std4norm(RX6_train_x)$

$RX6_Train_norm = standardization(RX6_train_x, mean_RX6_Train, std_RX6_Train)$

$mean_RX7_Train = mean4norm(RX7_train_x)$

$std_RX7_Train = std4norm(RX7_train_x)$

$RX7_Train_norm = standardization(RX7_train_x, mean_RX7_Train, std_RX7_Train)$

$mean_RX8_Train = mean4norm(RX8_train_x)$

$std_RX8_Train = std4norm(RX8_train_x)$

$RX8_Train_norm = standardization(RX8_train_x, mean_RX8_Train, std_RX8_Train)$

$mean_RX9_Train = mean4norm(RX9_train_x)$

$std_RX9_Train = std4norm(RX9_train_x)$

$RX9_Train_norm = standardization(RX9_train_x, mean_RX9_Train, std_RX9_Train)$

$mean_X_Test = mean4norm(RX1_test_x)$

$std_X_Test = std4norm(RX1_test_x)$

$RX1_Test_norm = standardization(RX1_test_x, mean_X_Test, std_X_Test)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

RX1_Test_meannorm = meanNorm(RX1_test_x, min4norm(RX1_test_x),
max4norm(RX1_test_x), mean4norm(RX1_test_x))

mean_RX2_Test = mean4norm(RX2_test_x)

std_RX2_Test = std4norm(RX2_test_x)

RX2_Test_norm = standardization(RX2_test_x, mean_RX2_Test, std_RX2_Test)

mean_RX3_Test = mean4norm(RX3_test_x)

std_RX3_Test = std4norm(RX3_test_x)

RX3_Test_norm = standardization(RX3_test_x, mean_RX3_Test, std_RX3_Test)

mean_RX4_Test = mean4norm(RX4_test_x)

std_RX4_Test = std4norm(RX4_test_x)

RX4_Test_norm = standardization(RX4_test_x, mean_RX4_Test, std_RX4_Test)

mean_RX5_Test = mean4norm(RX5_test_x)

std_RX5_Test = std4norm(RX5_test_x)

RX5_Test_norm = standardization(RX5_test_x, mean_RX5_Test, std_RX5_Test)

mean_RX6_Test = mean4norm(RX6_test_x)

std_RX6_Test = std4norm(RX6_test_x)

RX6_Test_norm = standardization(RX6_test_x, mean_RX6_Test, std_RX6_Test)

mean_RX7_Test = mean4norm(RX7_test_x)

std_RX7_Test = std4norm(RX7_test_x)

RX7_Test_norm = standardization(RX7_test_x, mean_RX7_Test, std_RX7_Test)

mean_RX8_Test = mean4norm(RX8_test_x)

std_RX8_Test = std4norm(RX8_test_x)

RX8_Test_norm = standardization(RX8_test_x, mean_RX8_Test, std_RX8_Test)

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

mean_RX9_Test = mean4norm(RX9_test_x)
std_RX9_Test = std4norm(RX9_test_x)
RX9_Test_norm = standardization(RX9_test_x, mean_RX9_Test, std_RX9_Test)

#Train model
N = RX1_Train_norm.shape[0]
N_val = RX1_Test_norm.shape[0]

A0 = RX1_Train_norm
A0_test = RX1_Test_norm

train_y = RX1_train_y
test_y = RX1_test_y

adj = 200
node = {}
node[1]=adj
for i in range(2,5):
    adj = int(adj*1)
    node[i]=adj

inp = cut_sam #####
out = 17

W1 = np.random.randn(inp,node[1])*np.sqrt(2/(inp + node[1]))
B1 = np.random.randn(1,node[1])

W2 = np.random.randn(node[1],node[2])*np.sqrt(2/(node[1] + node[2]))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
W3 = np.random.randn(node[2],node[3])*np.sqrt(2/(node[2] + node[3]))
```

```
B3 = np.random.randn(1,node[3])
```

```
W4 = np.random.randn(node[3],node[4])*np.sqrt(2/(node[3] + node[4]))
```

```
B4 = np.random.randn(1,node[4])
```

```
W5 = np.random.randn(node[4],out)*np.sqrt(2/(node[4] + out))
```

```
B5 = np.random.randn(1,out)
```

```
error_list=[]
```

```
error_test_list = []
```

```
acc_train_list= []
```

```
acc_val_list= []
```

```
epoch = 200
```

```
lr=0.01
```

```
#####
```

```
Train
```

```
for i in range(epoch):
```

```
    Z1 = np.dot(A0,W1)+B1
```

```
    A1 = tanh(Z1)
```

```
    diff_A1 = df_tanh(A1)
```

```
    Z2 = np.dot(A1,W2)+B2
```

```
    A2 = tanh(Z2)
```

```
    diff_A2 = df_tanh(A2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
Z3 = np.dot(A2,W3)+B3
```

```
A3 = tanh(Z3)
```

```
diff_A3 = df_tanh(A3)
```

```
Z4 = np.dot(A3,W4)+B4
```

```
A4 = tanh(Z4)
```

```
diff_A4 = df_tanh(A4)
```

```
Z5 = np.dot(A4,W5)+B5
```

```
A5 = softmax(Z5)
```

```
Error5 = train_y-A5
```

```
W5 = W5+(lr/N)*np.dot(A4.T,Error5)
```

```
B5 = B5+(lr/N)*np.dot(1,Error5).sum(axis=0,keepdims=True)
```

```
Error4= (np.dot(Error5,W5.T))*diff_A4
```

```
W4 = W4+(lr/N)*np.dot(A3.T,Error4)
```

```
B4 = B4+(lr/N)*np.dot(1,Error4).sum(axis=0,keepdims=True)
```

```
Error3= (np.dot(Error4,W4.T))*diff_A3
```

```
W3 = W3+(lr/N)*np.dot(A2.T,Error3)
```

```
B3 = B3+(lr/N)*np.dot(1,Error3).sum(axis=0,keepdims=True)
```

```
Error2= (np.dot(Error3,W3.T))*diff_A2
```

```
W2 = W2+(lr/N)*np.dot(A1.T,Error2)
```

```
B2 = B2+(lr/N)*np.dot(1,Error2).sum(axis=0,keepdims=True)
```

```
Error1= (np.dot(Error2,W2.T))*diff_A1
```

```
W1 = W1+(lr/N)*np.dot(A0.T,Error1)
```

```
B1 = B1+(lr/N)*np.dot(1,Error1).sum(axis=0,keepdims=True)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

error = (-train_y*np.log(A5)).sum()/N
error_list.append(error)

```

```
#####
```

```
#Validate
```

```
Z1_validate = np.dot(A0_test,W1)+B1
```

```
A1_validate = tanh(Z1_validate)
```

```
diff_A1_validate = df_tanh(A1_validate)
```

```
Z2_validate = np.dot(A1_validate,W2)+B2
```

```
A2_validate = tanh(Z2_validate)
```

```
diff_A2_validate = df_tanh(A2_validate)
```

```
Z3_validate = np.dot(A2_validate,W3)+B3
```

```
A3_validate = tanh(Z3_validate)
```

```
diff_A3_validate = df_tanh(A3_validate)
```

```
Z4_validate = np.dot(A3_validate,W4)+B4
```

```
A4_validate = tanh(Z4_validate)
```

```
diff_A4_validate = df_tanh(A4_validate)
```

```
Z5_validate = np.dot(A4_validate,W5)+B5
```

```
A5_validate = softmax(Z5_validate)
```

```
error_test = (-test_y*np.log(A5_validate)).sum()/N_val
```

```
error_test_list.append(error_test)
```

```
#####
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

A_ANN = np.argmax(A5,axis=1)
A_Y = np.argmax(train_y,axis=1)
acc_train=100*(A_Y==A_ANN).sum()/N
acc_train_list.append(acc_train)

A_ANN_val = np.argmax(A5_validate,axis=1)
A_Y_val = np.argmax(test_y,axis=1)
acc_val=100*(A_Y_val==A_ANN_val).sum()/N_val
acc_val_list.append(acc_val)

plt.subplot(2,1,1)
plt.plot(acc_train_list, label='Training')
plt.plot(acc_val_list, label='Validation')
plt.title('Accuracy')
plt.legend()
plt.show()

plt.subplot(2,1,2)
plt.plot(error_list, label='Training')
plt.plot(error_test_list, label='Validation')
plt.title('loss')
plt.legend()
plt.show()

print('Train',epoch,i+1,',','Accuracy:',acc_train,'%','Loss:',error)
print('Test ',epoch,i+1,',','Accuracy:',acc_val,'%','Loss:',error_test)

clear_output(wait=True)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
#RNN
```

```
inp1 = 17
```

```
inp = 17
```

```
adj1 = 200
```

```
adj = 200
```

```
out = 17
```

```
W1 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(inp + adj))
```

```
B1 = np.random.randn(1,adj1)
```

```
WH1 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
W2 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
B2 = np.random.randn(1,adj1)
```

```
WH2 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
W3 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
B3 = np.random.randn(1,adj1)
```

```
WH3 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
W4 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
B4 = np.random.randn(1,adj1)
```

```
WH4 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
W5 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
B5 = np.random.randn(1,adj1)
```

```
WH5 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
W6 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
```

```
B6 = np.random.randn(1,adj1)
```

เอกสารนี้เป็น WH6 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj)) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

W7 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
B7 = np.random.randn(1,adj1)
WH7 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))

W8 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
B8 = np.random.randn(1,adj1)
WH8 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))

W9 = np.random.randn(inp1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))
B9 = np.random.randn(1,adj1)
WH9 = np.random.randn(adj1,adj1)*np.sqrt(2/(adj + adj))

WN = np.random.randn(adj1,out)*np.sqrt(2/(adj + out))
BN = np.random.randn(1,out)

TS1_train = np.array(A5_RX1_train)
TS2_train = np.array(A5_RX2_train)
TS3_train = np.array(A5_RX3_train)
TS4_train = np.array(A5_RX4_train)
TS5_train = np.array(A5_RX5_train)
TS6_train = np.array(A5_RX6_train)
TS7_train = np.array(A5_RX7_train)
TS8_train = np.array(A5_RX8_train)
TS9_train = np.array(A5_RX9_train)

TS1_test = np.array(A5_RX1_test)
TS2_test = np.array(A5_RX2_test)
TS3_test = np.array(A5_RX3_test)
TS4_test = np.array(A5_RX4_test)

```

เอกสารนี้เป็น TS4_test เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

TS5_test = np.array(A5_RX5_test)
TS6_test = np.array(A5_RX6_test)
TS7_test = np.array(A5_RX7_test)
TS8_test = np.array(A5_RX8_test)
TS9_test = np.array(A5_RX9_test)

```

```

for i in range(epoch):

```

```

    ZH1 = np.dot(TS1_train,W1)+B1

```

```

    HT1 = tanh(ZH1)

```

```

    diff_HT1 = df_tanh(HT1)

```

```

    ZH2 = np.dot(TS2_train,W2)+B2+np.dot(HT1,WH1)

```

```

    HT2 = tanh(ZH2)

```

```

    diff_HT2 = df_tanh(HT2)

```

```

    ZH3 = np.dot(TS3_train,W3)+B3+np.dot(HT2,WH2)

```

```

    HT3 = tanh(ZH3)

```

```

    diff_HT3 = df_tanh(HT3)

```

```

    ZH4 = np.dot(TS4_train,W4)+B4+np.dot(HT3,WH3)

```

```

    HT4 = tanh(ZH4)

```

```

    diff_HT4 = df_tanh(HT4)

```

```

    ZH5 = np.dot(TS5_train,W5)+B5+np.dot(HT4,WH4)

```

```

    HT5 = tanh(ZH5)

```

```

    diff_HT5 = df_tanh(HT5)

```

```

    ZH6 = np.dot(TS6_train,W6)+B6+np.dot(HT5,WH5)

```

```

    HT6 = tanh(ZH6)

```

```

    diff_HT6 = df_tanh(HT6)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
ZH7 = np.dot(TS7_train,W7)+B7+np.dot(HT6,WH6)
```

```
HT7 = tanh(ZH7)
```

```
diff_HT7 = df_tanh(HT7)
```

```
ZH8 = np.dot(TS8_train,W8)+B8+np.dot(HT7,WH7)
```

```
HT8 = tanh(ZH8)
```

```
diff_HT8 = df_tanh(HT8)
```

```
ZH9 = np.dot(TS9_train,W9)+B9+np.dot(HT8,WH8)
```

```
HT9 = tanh(ZH9)
```

```
diff_HT9 = df_tanh(HT9)
```

```
ZNN = np.dot(HT9,WN)+BN
```

```
ANN = softmax(ZNN)
```

```
ZNN_list.append(ZNN)
```

```
ANN_list.append(ANN)
```

```
Error_N = RX1_train_y-ANN
```

```
WN = WN+(lr/N)*np.dot(HT9.T>Error_N)
```

```
BN = BN+(lr/N)*np.dot(1>Error_N).sum(axis=0,keepdims=True)
```

```
Error9 = np.dot(Error_N,WN.T)*diff_HT9
```

```
W9 = W9+(lr/N)*np.dot(TS9_train.T>Error9)
```

```
B9 = B9+(lr/N)*np.dot(1>Error9).sum(axis=0,keepdims=True)
```

```
WH8 = WH8+(lr/N)*np.dot(HT8.T>Error9)
```

```
Error8 = np.dot(Error9,WH8.T)*diff_HT8
```

```
W8 = W8+(lr/N)*np.dot(TS8_train.T>Error8)
```

```
B8 = B8+(lr/N)*np.dot(1>Error8).sum(axis=0,keepdims=True)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

WH7 = WH7+(lr/N)*np.dot(HT7.T,Error8)

Error7 = np.dot(Error8,WH7.T)*diff_HT7

W7 = W7+(lr/N)*np.dot(TS7_train.T,Error7)

B7 = B7+(lr/N)*np.dot(1,Error7).sum(axis=0,keepdims=True)

WH6 = WH6+(lr/N)*np.dot(HT6.T,Error7)

Error6 = np.dot(Error7,WH6.T)*diff_HT6

W6 = W6+(lr/N)*np.dot(TS6_train.T,Error6)

B6 = B6+(lr/N)*np.dot(1,Error6).sum(axis=0,keepdims=True)

WH5 = WH5+(lr/N)*np.dot(HT5.T,Error6)

Error5 = np.dot(Error6,WH5.T)*diff_HT5

W5 = W5+(lr/N)*np.dot(TS5_train.T,Error5)

B5 = B5+(lr/N)*np.dot(1,Error5).sum(axis=0,keepdims=True)

WH4 = WH4+(lr/N)*np.dot(HT4.T,Error5)

Error4 = np.dot(Error5,WH4.T)*diff_HT4

W4 = W4+(lr/N)*np.dot(TS4_train.T,Error4)

B4 = B4+(lr/N)*np.dot(1,Error4).sum(axis=0,keepdims=True)

WH3 = WH3+(lr/N)*np.dot(HT3.T,Error4)

Error3 = np.dot(Error4,WH3.T)*diff_HT3

W3 = W3+(lr/N)*np.dot(TS3_train.T,Error3)

B3 = B3+(lr/N)*np.dot(1,Error3).sum(axis=0,keepdims=True)

WH2 = WH2+(lr/N)*np.dot(HT2.T,Error3)

Error2 = np.dot(Error3,WH2.T)*diff_HT2

W2 = W2+(lr/N)*np.dot(TS2_train.T,Error2)

B2 = B2+(lr/N)*np.dot(1,Error2).sum(axis=0,keepdims=True)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
WH1 = WH1+(lr/N)*np.dot(HT1.T,Error2)
```

```
Error1 = np.dot(Error2,WH1.T)*diff_HT1
```

```
W1 = W1+(lr/N)*np.dot(TS1_train.T,Error1)
```

```
B1 = B1+(lr/N)*np.dot(1,Error1).sum(axis=0,keepdims=True)
```

```
error = (-RX1_train_y*np.log(ANN)).sum()/N
```

```
error_list.append(error)
```

```
#####
```

```
ZH1_validate = np.dot(TS1_test,W1)+B1
```

```
HT1_validate = tanh(ZH1_validate)
```

```
diff_HT1_validate = df_tanh(HT1_validate)
```

```
# ZH2_validate = np.dot(TS2_test,WH1)+B2+np.dot(HT1_validate,W2)
```

```
ZH2_validate = np.dot(TS2_test,W2)+B2+np.dot(HT1_validate,WH1)
```

```
HT2_validate = tanh(ZH2_validate)
```

```
diff_HT2_validate = df_tanh(HT2_validate)
```

```
# ZH3_validate = np.dot(TS3_test,WH2)+B3+np.dot(HT2_validate,W3)
```

```
ZH3_validate = np.dot(TS3_test,W3)+B3+np.dot(HT2_validate,WH2)
```

```
HT3_validate = tanh(ZH3_validate)
```

```
diff_HT3_validate = df_tanh(HT3_validate)
```

```
# ZH4_validate = np.dot(TS4_test,WH3)+B4+np.dot(HT3_validate,W4)
```

```
ZH4_validate = np.dot(TS4_test,W4)+B4+np.dot(HT3_validate,WH3)
```

```
HT4_validate = tanh(ZH4_validate)
```

```
diff_HT4_validate = df_tanh(HT4_validate)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
# ZH5_validate = np.dot(TS5_test,WH4)+B5+np.dot(HT4_validate,W5)
ZH5_validate = np.dot(TS5_test,W5)+B5+np.dot(HT4_validate,WH4)
HT5_validate = tanh(ZH5_validate)
diff_HT5_validate = df_tanh(HT5_validate)
```

```
# ZH6_validate = np.dot(TS6_test,WH5)+B6+np.dot(HT5_validate,W6)
ZH6_validate = np.dot(TS6_test,W6)+B6+np.dot(HT5_validate,WH5)
HT6_validate = tanh(ZH6_validate)
diff_HT6_validate = df_tanh(HT6_validate)
```

```
# ZH7_validate = np.dot(TS7_test,WH6)+B7+np.dot(HT6_validate,W7)
ZH7_validate = np.dot(TS7_test,W7)+B7+np.dot(HT6_validate,WH6)
HT7_validate = tanh(ZH7_validate)
diff_HT7_validate = df_tanh(HT7_validate)
```

```
# ZH8_validate = np.dot(TS8_test,WH7)+B8+np.dot(HT7_validate,W8)
ZH8_validate = np.dot(TS8_test,W8)+B8+np.dot(HT7_validate,WH7)
HT8_validate = tanh(ZH8_validate)
diff_HT8_validate = df_tanh(HT8_validate)
```

```
# ZH9_validate = np.dot(TS9_test,WH8)+B9+np.dot(HT8_validate,W9)
ZH9_validate = np.dot(TS9_test,W9)+B9+np.dot(HT8_validate,WH8)
HT9_validate = tanh(ZH9_validate)
diff_HT9_validate = df_tanh(HT9_validate)
```

```
ZNN_validate = np.dot(HT9_validate,WN)+BN
ANN_validate = softmax(ZNN_validate)
ZNN_validate_list.append(ZNN_validate)
ANN_validate_list.append(ANN_validate)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

error_test = (-RX1_test_y*np.log(ANN_validate)).sum()/N_val
error_test_list.append(error_test)

#####

A_ANN = np.argmax(ANN,axis=1)
A_Y = np.argmax(RX1_train_y,axis=1)
acc_train=100*(A_Y==A_ANN).sum()/N
acc_train_list.append(acc_train)

```

```

A_ANN_val = np.argmax(ANN_validate,axis=1)
A_Y_val = np.argmax(RX1_test_y,axis=1)
acc_val=100*(A_Y_val==A_ANN_val).sum()/N_val
acc_val_list.append(acc_val)

```

```

plt.subplot(2,1,1)
plt.plot(acc_train_list, label='Training')
plt.plot(acc_val_list, label='Validation')
plt.title('Accuracy')
plt.legend()
plt.show()

```

```

plt.subplot(2,1,2)
plt.plot(error_list, label='Training')
plt.plot(error_test_list, label='Validation')
plt.title('loss')
plt.legend()
plt.show()

```

```

print('Train',epoch,i+1,',','Accuracy:',acc_train,'%','Loss:',error)
print('Test ',epoch,i+1,',','Accuracy:',acc_val,'%','Loss:',error_test)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ output(wait=True) ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

#ดู f1 score
f1_score_train = f1_score(A_Y,A_ANN,average='micro')
confusion_matrix_train = pd.DataFrame(confusion_matrix(A_Y, A_ANN,
labels=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16]))

f1_score_val = f1_score(A_Y_val,A_ANN_val,average='micro')
confusion_matrix_val = pd.DataFrame(confusion_matrix(A_Y_val, A_ANN_val,
labels=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16]))

print('Training set's F1 Score: {:.4f}'.format(f1_score_train))
confusion_matrix_train

print('Training set's F1 Score: {:.4f}'.format(f1_score_val))
confusion_matrix_val

#Dropout
keep_prob = 0.5
#####
for i in range(epoch):
    Z1 = np.dot(A0,W1)+B1
    A1 = tanh(Z1)
    D1 = np.random.rand(A1.shape[0], A1.shape[1])
    D1 = D1 < keep_prob
    A1 = A1 * D1
    diff_A1 = df_tanh(A1)

    Z2 = np.dot(A1,W2)+B2
    A2 = tanh(Z2)
    D2 = np.random.rand(A2.shape[0], A2.shape[1])

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

A2 = A2 * D2
diff_A2 = df_tanh(A2)

Z3 = np.dot(A2,W3)+B3
A3 = tanh(Z3)
D3 = np.random.rand(A3.shape[0], A3.shape[1])
D3 = D3 < keep_prob
A3 = A3 * D3
diff_A3 = df_tanh(A3)

Z4 = np.dot(A3,W4)+B4
A4 = tanh(Z4)
D4 = np.random.rand(A4.shape[0], A4.shape[1])
D4 = D4 < keep_prob
A4 = A4 * D4
diff_A4 = df_tanh(A4)

Z5 = np.dot(A4,W5)+B5
A5 = softmax(Z5)

Error5 = train_y-A5
W5 = W5+(lr/N)*np.dot(A4.T,Error5)
B5 = B5+(lr/N)*np.dot(1,Error5).sum(axis=0,keepdims=True)

Error4= (np.dot(Error5,W5.T))*diff_A4
Error4= Error4 * D4
Error4= Error4/keep_prob
W4 = W4+(lr/N)*np.dot(A3.T,Error4)
B4 = B4+(lr/N)*np.dot(1,Error4).sum(axis=0,keepdims=True)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

Error3= (np.dot(Error4,W4.T))*diff_A3
Error3= Error3 * D3
Error3= Error3/keep_prob
W3 = W3+(lr/N)*np.dot(A2.T,Error3)
B3 = B3+(lr/N)*np.dot(1,Error3).sum(axis=0,keepdims=True)

```

```

Error2= (np.dot(Error3,W3.T))*diff_A2
Error2= Error2 * D2
Error2= Error2/keep_prob
W2 = W2+(lr/N)*np.dot(A1.T,Error2)
B2 = B2+(lr/N)*np.dot(1,Error2).sum(axis=0,keepdims=True)

```

```

Error1= (np.dot(Error2,W2.T))*diff_A1
Error1= Error1 * D1
Error1= Error1/keep_prob
W1 = W1+(lr/N)*np.dot(A0.T,Error1)
B1 = B1+(lr/N)*np.dot(1,Error1).sum(axis=0,keepdims=True)

```

```

error = (-train_y*np.log(A5)).sum()/N
error_list.append(error)

```

```
#####
```

```
#Validate
```

```

Z1_validate = np.dot(A0_test,W1)+B1
A1_validate = tanh(Z1_validate)
diff_A1_validate = df_tanh(A1_validate)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
A2_validate = tanh(Z2_validate)
diff_A2_validate = df_tanh(A2_validate)
```

```
Z3_validate = np.dot(A2_validate,W3)+B3
A3_validate = tanh(Z3_validate)
diff_A3_validate = df_tanh(A3_validate)
```

```
Z4_validate = np.dot(A3_validate,W4)+B4
A4_validate = tanh(Z4_validate)
diff_A4_validate = df_tanh(A4_validate)
```

```
Z5_validate = np.dot(A4_validate,W5)+B5
A5_validate = softmax(Z5_validate)

error_test = (-test_y*np.log(A5_validate)).sum()/N_val
error_test_list.append(error_test)
```

```
#####
```

```
A_ANN = np.argmax(A5,axis=1)
A_Y = np.argmax(train_y,axis=1)
acc_train=100*(A_Y==A_ANN).sum()/N
acc_train_list.append(acc_train)
```

```
A_ANN_val = np.argmax(A5_validate,axis=1)
A_Y_val = np.argmax(test_y,axis=1)
acc_val=100*(A_Y_val==A_ANN_val).sum()/N_val
acc_val_list.append(acc_val)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารประกอบการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

plt.plot(acc_train_list, label='Training')
plt.plot(acc_val_list, label='Validation')
plt.title('Accuracy')
plt.legend()
plt.show()

plt.subplot(2,1,2)
plt.plot(error_list, label='Training')
plt.plot(error_test_list, label='Validation')
plt.title('loss')
plt.legend()
plt.show()

print('Train',epoch,i+1,','Accurcy:',acc_train,'%','Loss:',error)
print('Test ',epoch,i+1,','Accurcy:',acc_val,'%','Loss:',error_test)

clear_output(wait=True)

#Regular L2
lamb = 0.01
#####
#Train
for i in range(epoch):
    Z1 = np.dot(A0,W1)+B1
    A1 = tanh(Z1)
    diff_A1 = df_tanh(A1)

    Z2 = np.dot(A1,W2)+B2
    A2 = tanh(Z2)
    diff_A2 = df_tanh(A2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
Z3 = np.dot(A2,W3)+B3
```

```
A3 = tanh(Z3)
```

```
diff_A3 = df_tanh(A3)
```

```
Z4 = np.dot(A3,W4)+B4
```

```
A4 = tanh(Z4)
```

```
diff_A4 = df_tanh(A4)
```

```
Z5 = np.dot(A4,W5)+B5
```

```
A5 = softmax(Z5)
```

```
Error5 = train_y-A5
```

```
W5 = W5+(lr/N) * (np.dot(A4.T,Error5) + (lamb/N)*W5)
```

```
B5 = B5+(lr/N) *np.sum(Error5,axis=0,keepdims=True)
```

```
Error4= (np.dot(Error5,W5.T))*diff_A4
```

```
W4 = W4+(lr/N) * (np.dot(A3.T,Error4) + (lamb/N)*W4)
```

```
B4 = B4+(lr/N) *np.sum(Error4,axis=0,keepdims=True)
```

```
Error3= (np.dot(Error4,W4.T))*diff_A3
```

```
W3 = W3+(lr/N) * (np.dot(A2.T,Error3) + (lamb/N)*W3)
```

```
B3 = B3+(lr/N) *np.sum(Error3,axis=0,keepdims=True)
```

```
Error2= (np.dot(Error3,W3.T))*diff_A2
```

```
W2 = W2+(lr/N) * (np.dot(A1.T,Error2) + (lamb/N)*W2)
```

```
B2 = B2+(lr/N) *np.sum(Error2,axis=0,keepdims=True)
```

```
Error1= (np.dot(Error2,W2.T))*diff_A1
```

```
W1 = W1+(lr/N) * (np.dot(A0.T,Error1) + (lamb/N)*W1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
B1 = B1+(lr/N) *np.sum(Error1,axis=0,keepdims=True)
```

```
L2 =
```

```
(np.sum(np.square(W5))+np.sum(np.square(W4))+np.sum(np.square(W3))+np.sum(np.square(W2))+np.sum(np.square(W1)))*(lamb/(2*N))
```

```
error = ((-train_y*np.log(A5)).sum()/N) + L2
```

```
error_list.append(error)
```

```
#####
```

```
#Validate
```

```
Z1_validate = np.dot(A0_test,W1)+B1
```

```
A1_validate = tanh(Z1_validate)
```

```
diff_A1_validate = df_tanh(A1_validate)
```

```
Z2_validate = np.dot(A1_validate,W2)+B2
```

```
A2_validate = tanh(Z2_validate)
```

```
diff_A2_validate = df_tanh(A2_validate)
```

```
Z3_validate = np.dot(A2_validate,W3)+B3
```

```
A3_validate = tanh(Z3_validate)
```

```
diff_A3_validate = df_tanh(A3_validate)
```

```
Z4_validate = np.dot(A3_validate,W4)+B4
```

```
A4_validate = tanh(Z4_validate)
```

```
diff_A4_validate = df_tanh(A4_validate)
```

```
Z5_validate = np.dot(A4_validate,W5)+B5
```

```
A5_validate = softmax(Z5_validate)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีลาดกระบัง การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
error_test = (-test_y*np.log(A5_validate)).sum()/N_val
error_test_list.append(error_test)
```

```
#####
```

```
A_ANN = np.argmax(A5,axis=1)
A_Y = np.argmax(train_y,axis=1)
acc_train=100*(A_Y==A_ANN).sum()/N
acc_train_list.append(acc_train)
```

```
A_ANN_val = np.argmax(A5_validate,axis=1)
A_Y_val = np.argmax(test_y,axis=1)
acc_val=100*(A_Y_val==A_ANN_val).sum()/N_val
acc_val_list.append(acc_val)
```

```
plt.subplot(2,1,1)
plt.plot(acc_train_list, label='Training')
plt.plot(acc_val_list, label='Validation')
plt.title('Accuracy')
plt.legend()
plt.show()
```

```
plt.subplot(2,1,2)
plt.plot(error_list, label='Training')
plt.plot(error_test_list, label='Validation')
plt.title('loss')
plt.legend()
plt.show()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
print('Test ',epoch,i+1,',','Accuracy:',acc_val,'%','Loss:',error_test)
```

```
clear_output(wait=True)
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.