การตรวจจับมะเร็งเต้านมจากคลื่นอัลตร้าไวด์แบรนด์เรด้าห์โดยกระบวนการทางปัญญาประดิษฐ์

INVESTIGATION OF BREAST CANCER DETECTION USING UWB WITH DEEP LEARNING

วิจักษ์ มาระมิ่ง

WIJAK MARAMING

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INVESTIGATION OF BREAST CANCER DETECTION USING UWB WITH DEEP LEARNING

WIJAK MARAMING

A THESIS SUBMITTED IN FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRONICS ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2021

KMITL-2021-EN-M-xxx-xxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจจับมะเร็งเต้านมจากคลื่นอัลตร้าไวด์แบรนด์เรด้าห์โดย กระบวนการทางปัญญาประดิษฐ์
นักศึกษา	นายวิจักษ์ มาระมิ่ง
รหัสประจำตัว	59601126
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการหาตำแหน่งของก้องมะเร็งเต้านม ด้วยสัญญาณอัลตร้าไวด์แบรนด์ สืบเนื่องจากเพราะว่าเนื่องด้วยคุณสมบัติในการทะลุทะลวงสูงและมีการลดทอนของสัญญาณต่ำ ทำให้เห็นความแตกต่างขึ้นของค่าไดอิเล็กทริกพร็อพเพอตี้ระหว่างเนื้อเยื่อของเต้านมกับเนื้อเยื่อของมะเร็งค่อนข้างชัดเจน จึงได้ถูกนำมาพัฒนาเพื่อที่จะใช้นำมาหาตำแหน่งของตัวก้อนมะเร็ง ร่วมด้วยกับกระบวนการประมวลผลทางปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งกำลังเป็นที่น่าสนใจในตอนนี้ เนื่องด้วยว่าปัญญาประดิษฐ์ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากร ลดความยุ่งยากในการประมวลผม ซึ่งมีความแตกต่างจากงานวิจัยทั่วๆ ไปที่ได้ประมวลผลและทำการขึ้นภาพฉายด้วยการประมวลผลแบบสัญญาณเท่าเท่านั้น

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการจำลองเต้านมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซ็นติเมตรด้วยวัสดุที่เป็นปิโตรเลียมเจลและก้อนมะเร็งจำลองด้วยวัสดุที่ใช้เป็นโลหะทรงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซ็นติเมตร โดยกระบวนการส่งสัญญาณจากสายอากาศ 1 ต้น ผ่านตัวกลางเต้านมเทียม ผ่านก้อนมะเร็งจำลองในตำแหน่งต่างๆ แล้วรับสัญญาณกลับผ่านสายอากาศภาครับทั้งหมด 9 ต้น หลังจากนั้นได้เก็บข้อมูลสัญญาณของตำแหน่งก้อนมะเร็งเต้านมทั้งหมดเป็น 17 ชุด นำเข้าข้อมูลเข้ากระบวนการทางปัญญาประดิษฐ์ผ่านกระบวนการนอมอลไลท์เซชั่นเพื่อกรองข้อมูลหลังจากนั้นผ่านกระบวนการปัญญาประดิษฐ์นิวรอนเน็ตเวิร์ค จนกระทั่งได้ผลลัพท์เป็นค่า f1 score ออกมาซึ่งผลลัพท์ที่ได้มีความแม่นยำอยู่สูงสุดอยู่ที่ 79.0455 เปอร์เซนต์ซึ่งเพียงพอสำหรับการหาตำแหน่งของก้อนมะเร็งเต้านม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis INVESTIGATION OF BREAST CANCER DETECTION USING UWB WITH DEEP LEARNING

Student Mr.Wijak Maraming

Student ID 59601126

Degree Master of Engineering

Program Biomedical Engineering

Year 2021

Thesis Advisor Assoc. Prof. Dr. Pattharapong Phasukkit

ABSTRACT

This thesis presents a method for finding the location of breast cancer echoes. with an ultra-wide brand signal This is because due to its high penetration properties and low signal attenuation. The difference in dielectric properties between breast tissue and cancer tissue was quite obvious. Therefore, it has been developed in order to be used to find the location of the tumor. together with artificial intelligence processing which is interesting right now Because artificial intelligence does not waste resources. Reduce the hassle of processing hair. which is different from general research which use the signal processing only to project the image.

This thesis, a 10-centimeter-diameter breast was simulated with petroleum jelly material and the tumor was simulated with a 1.5-centimeter metal sphere and the signal transmission from one antenna through a medium artificial breast go through tumors in different locations. Then receive the signal back through all 9 receiver antennas. After that, 17 sets of signal data of the breast cancer tumor location were collected. The data was imported into the artificial intelligence process through normalization process to filter the data. After that through the process of neuron network. until an f1 score was obtained, the result with the highest accuracy of 79.0455 percent, which was sufficient for the location of breast cancer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ ที่ให้ความช่วยเหลือ เสนอแนะ แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัยและวางแผนงาน รวมไปจนถึงการแก้ปัญหาและจัดหาอุปกรณ์ สถานที่เพื่อทำการทดลองวิจัย ทำให้ข้าพเจ้ามีประสบการณ์ ความรู้ เพื่อนำไปใช้ในการทำงานที่ดีมากขึ้น จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงรวมถึงทั้งครอบครัวของข้าพเจ้า คุณพ่อ คุณแม่ เพื่อนสนิท และคนรอบข้างของข้าพเจ้าเป็นผู้ผลักดัน ส่งเสริม และให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อาจเป็นประโยชน์บุคลากรในวงการศึกษา นักเรียนนักศึกษา ผู้และผู้สนใจทั่วไป เพื่อจะได้นำไปพัฒนาปรับใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อสังต่อไปในอนาคต

นาย วิจักษ์ มาระมิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ....I
Abstract....II
กิตติกรรมประกาศ....III
สารบัญ....IV
สารบัญตาราง....VII
สารบัญรูปภาพ....VIII
บทที่ 1 บทนำ....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย....1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....3
2.1 องค์ประกอบของเต้านม....3
2.2 ส่วนประกอบของเต้านม....4
2.3 ระบบทางเดินน้ำเหลืองในเต้านม....4
2.4 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเต้านมจากฮอร์โมนเอสโทรเจน....4
2.5 ความผิดปรกติที่เกิดกับเต้านม....5
2.5.1 การมีน้ำคัดหลั่งออกมาทางหัวนม....5
2.5.2 เต้านมอักเสบ....5
2.5.3 ท่อน้ำนมโป่งพอง....5
2.5.4 ภาวะผู้ชายมีนม....5
2.5.5 ก้อนที่เต้านมชนิดไม่ร้ายแรง....5
2.5.6 ไฟโบรซิสติค....5
2.5.7 ไฟโปรอดีโนมา....5
2.5.8 เซลล์ไขมันในเต้านมถูกทำลาย....5
2.5.9 ซีสต์....5
2.6 มะเร็งเต้านม....6
2.7 สาเหตุของมะเร็งเต้านม....7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8 ลักษณะที่บ่งชี้ หรือต้องสงสัยว่าอาจจะเป็นมะเร็งเต้านม........8
2.9 การคัดกรองมะเร็งต้านม........9
2.9.1 การตรวจแมมโมแกรม.,........9
2.9.2 การตรวจอัลตราซาวด์........10
2.9.3 การตรวจเต้านมด้วยตนเอง........11
2.10 เปรียบเทียบข้อดีขอเสียของการจตรวจแต่ละแบบ........12
2.11 สายอากาศ........13
2.11.1 สายอากาศแบบรอบตัว........13
2.11.2 สายอากาศแบบทิศทาง........14
2.12 ทฤษฎีอัลตราไวด์แบรนด์........14
2.13 ประวัติและความเป็นมาเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง........16
2.14 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง........17
2.15 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก........20
2.16 การประเมินการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน........21
2.17 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง........23
2.18 ปัญญาประดิษฐ์........28
2.19 ความสามารถของปัญญาประดิษฐ์........30
2.20 Recurrent Neural Network (RNN)........31
2.21 Underfitting และ Overfitting........39
2.22 วัดประสิทธิภาพ Model จาก Confusion Matrix........42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน........44
3.1 กล่าวนำ........44
3.2 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน........45
3.3 บล็อกไดอะแกรมการนำข้อมูลไปประมวลผล........45
3.4 การออกแบบสายอากาศ........46
3.5 การสร้างแบบจำลองเต้านมและมะเร็ง........48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 ผลการทดลองการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ....49
3.7 ผลการวัดค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ....50
3.8 การจัดวางโครงสร้างและระบบสำหรับการทดลอง....50
3.8.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน....50
3.8.2 แผนโครงสร้างโมเดล....51
3.8.3 การจัดวางโครงสร้างอุปกรณ์สำหรับการทดลอง....52
3.9 รูปแบบการกำหนดตำแหน่งเซลล์จำลองและตำแหน่งของเสาสัญญาณ....56
3.10 โค๊ดควบคุมช่องรับของสัญญาณ....57
3.11 โค๊ดการเก็บและการใช้ข้อมูล....58
3.12 การนำข้อมูลไปประมวลผลหาตำแหน่งโดยใช้วิธีโครงสร้างประสาทเทียม....60
บทที่ 4 ผลการทดลอง....67
4.1 บันทึกผลการทดลองการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน....67
4.2 บันทึกผลการทดลองของ Receiver แต่ละตัว....67
4.3 บันทึกผลการทดลองค่าความแม่นยำการ Train model และ test model....69
4.4 บันทึกผลการทดลองค่า f1_Score ในการ Train model และ test model....70
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....89
5.1 สรุปผลการทดลอง....89
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง....89
บรรณานุกรม....90
ประวัติผู้เขียน....92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสำหรับองค์ประกอบของเต้านม ... 21
ตารางที่ 2.2 รูปแบบของ RNN ... 35
ตารางที่ 3.1 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11) ... 48
ตารางที่ 3.2 แสดงค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant) ของเต้านม ... 43
ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การสะท้อนกับช่วงความถี่ ... 67
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1 ... 70
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2 ... 70
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3 ... 71
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4 ... 71
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5 ... 72
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6 ... 72
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7 ... 73
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8 ... 73
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9 ... 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้าง และ ส่วนประกอบของเต้านม (Breast)....3
รูปที่ 2.2 โครงสร้าง และ ส่วนประกอบของเต้านม (Breast)....6
รูปที่ 2.3 การตรวจแมมโมแกรม.... 10
รูปที่ 2.4 การตรวจอัลตราซาวด์....10
รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบสเปกตรัมระหว่างแถบกว้างยิ่งและแถบความถี่อื่น ๆ....15
รูปที่ 2.6 เปรียบเทียบความถี่ระหว่างแถบกว้างยิ่งและแถบความถี่อื่น ๆ.... 16
รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์โครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน.... 18
รูปที่ 2.8 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในอาคารโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย.... 19
รูปที่ 2.9 การเชื่อมต่อโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์....19
รูปที่ 2.10 การหาตำแหน่งโดยใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง.... 20
รูปที่ 2.11 การประยุกต์เอาเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งไปใช้ในด้านการแพทย์....20
รูปที่ 2.12 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน.... 22
รูปที่ 2.13 Pulse Pattern Generator MP1761B.... 23
รูปที่ 2.14 Tektronix TDS Digital Phosphor Osillascope....24
รูปที่ 2.15 Downkey RF selector switch 1 in 10 out.... 25
รูปที่ 2.16 Arduino MEGA 2560.... 26
รูปที่ 2.17 รีเลย์โมดูล (Relay Module).... 27
รูปที่ 2.18 โครงสร้างภายในรีเลย์....28
รูปที่ 2.19 ปัญญาประดิษฐ์.... 29
รูปที่ 2.20 รูปบล๊อกไดอะแกรมของ RNN....32
รูปที่ 2.21 บล๊อกไดอะแกรมชั้นแรกของ RNN....33
รูปที่ 2.22 บล็อคไดอะแกรมเมื่อส่งข้อมูลไปหา hidden state ถัดไป....33
รูปที่ 2.23 บล็อคไดอะแกรมชั้นสุดท้าย.... 34
รูปที่ 2.24 บล๊อกไดอะแกรมของ Backpropagation through time.... 36
รูปที่ 2.25 ขนาดของ weight เมื่อเกิด Exploding Gradients....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.26 ขนาดของ weight เมื่อเกิด Vanishing Gradients......38
รูปที่ 2.27 ค่า weight เริ่มต้นเป็น 0 รูปขวาแสดงถึง weight เริ่มต้นแบบ Xavier initialization......39
รูปที่ 2.28 Underfitting......39
รูปที่ 2.29 Overfitting......40
รูปที่ 2.30 Dropout......41
รูปที่ 2.31 โมเดลที่ดี......42
รูปที่ 2.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Actual values กับ Predicted values......42
รูปที่ 3.1 ขนาดของสายอากาศ......45
รูปที่ 3.2 สายอากาศที่ใช้ทำการทดลอง......45
รูปที่ 3.3 ขนาดของสายอากาศ......46
รูปที่ 3.4 สายอากาศที่ใช้ทำการทดลอง......47
รูปที่ 3.5 โครงสร้างของสายอากาศจริงที่ใช้ในการทดลอง......47
รูปที่ 3.6 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11) จากทฤษฎี......49
รูปที่ 3.7 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11) จากการทดลอง......49
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน......50
รูปที่ 3.9 แผนโครงสร้างโมเดล......51
รูปที่ 3.10 การจัดวางโครงสร้างอุปกรณ์และระบบสำหรับการทดลอง......52
รูปที่ 3.11 การจัดวางโครงสร้างอุปกรณ์และระบบสำหรับการทดลอง......52
รูปที่ 3.12 Rf selector switch......53
รูปที่ 3.13 สายอากาศ......54
รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณ......54
รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณที่ใช้ทำทดลอง......55
รูปที่ 3.16 ตำแหน่งของเซลล์จำลองและตำแหน่งเสารับสัญญาณ......56
รูปที่ 3.17 โค้ดกำหนดค่าของ LED&KEY TM1638......57
รูปที่ 3.18 โค้ดกำหนด Pin แต่ละตัวจะเป็นการกำหนดให้ แต่ละตัว ว่าจะใช้เป็น OUTPUT หรือ INPUT......57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.19 โค้ดควบคุมการแสดงผลบน LED&KEY TM1638 และ Relay....58
รูปที่ 3.20 โค้ดการตั้งค่าการเชื่อมต่อ....58
รูปที่ 3.21 โค้ดตั้งค่าสเกลข้อมูล....58
รูปที่ 3.22 โค้ดเก็บข้อมูลตัวส่งสัญญาณ....59
รูปที่ 3.23 โค้ดเก็บข้อมูลตัวรับสัญญาณ....59
รูปที่ 3.24 โค้ดเก็บข้อมูลทั้งหมดบันทึกค่าของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ....59
รูปที่ 3.25 โค้ดการใช้ข้อมูล....60
รูปที่ 3.26 โค้ดการอ่านข้อมูลจากไฟล์อ่านข้อมูลทั้ง 17 ตำแหน่ง และอ่านค่าชื่อของตำแหน่ง....60
รูปที่ 3.27 โค้ด One-Hot encodingสร้างข้อมูลลำดับตำแหน่งเพื่อไปกำหนดข้อมูลของสัญญาณ....61
รูปที่ 3.28 โค้ดต่อข้อมูลกับลำดับตำแหน่ง....61
รูปที่ 3.29 โค้ดแบ่งข้อมูลเพื่อนำไป Train และ Test....62
รูปที่ 3.30 โค้ดแบ่งข้อมูลออกจากตำแหน่ง....62
รูปที่ 3.31 โค้ดจัดรูปแบบของข้อมูล....63
รูปที่ 3.32 โค้ดสร้าง weight และ bias เริ่มต้น....63
รูปที่ 3.33 โค้ด Feed forward ในเสาสัญญาณ....63
รูปที่ 3.34 โค้ด Back propagation ในเสาสัญญาณ....64
รูปที่ 3.35 โค้ด Validation ในเสาสัญญาณ....64
รูปที่ 3.36 โค้ด Feed forward จากเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง....65
รูปที่ 3.37 โค้ด Back propagation จากเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง....65
รูปที่ 3.38 โค้ดแสดงผลความแม่นยำและข้อผิดพลาด....66
รูปที่ 4.1 สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากทฤษฎี....67
รูปที่ 4.2 สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากการทดลอง....67
รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงระบบการทดลองจริง....68
รูปที่ 4.4 แบบจำลองตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลอง....69
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 1....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 2..............................70
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 3..............................71
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 4..............................71
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 5..............................72
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 6............................72
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 7............................73
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 8............................73
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 9............................74
รูปที่ 4.14 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 1.............................75
รูปที่ 4.15 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 2.............................76
รูปที่ 4.16 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 3.............................77
รูปที่ 4.17 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 4.............................78
รูปที่ 4.18 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 5.............................79
รูปที่ 4.19 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 6.............................80
รูปที่ 4.20 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 7.............................81
รูปที่ 4.21 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 8.............................82
รูปที่ 4.22 กราฟ f1_score ของการ train model และ test model ของตัวรับ ตัวที่ 9.............................83
รูปที่ 4.23 กราฟ f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัวโดยการหมุนครั้งที่ 1..................84
รูปที่ 4.24 กราฟ f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัวโดยการหมุนครั้งที่ 2..................85
รูปที่ 4.25 กราฟ f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัวโดยการหมุนครั้งที่ 3..................86
รูปที่ 4.26 กราฟ f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัวโดยการหมุนครั้งที่ 4..................87
รูปที่ 4.27 กราฟ f1_score รวมในการ test model ของ Receiver หมุนทั้งหมด 4 ครั้ง.............................88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อ้างอิงสถิติจากกระทรวงสาธารณะสุขทางด้านสุขภาพ มะเร็งเต้านมเป็นชนิดปัญหาหลักของการเสียชีวิตในผู้หญิงและเป็นมะเร็งที่เกิดขึ้นเป็นอันดับต้นๆ ในผู้หญิง โดยวิธีทั่วไปที่ใช้ในการตรวจหามะเร็งเต้านม คือ วิธีการฉายรังสีเอ็กซเรย์ เป็นเทคนิคหรือวิธีการหลักสาหรับการสแกนมะเร็งเต้านมในระยะแรก แต่ข้อยังมีมีข้อเสียบางประการก็คือ การฉายรังสีบ่อย ๆ อาจจะมีผลกระตุ้นต่อเซลล์มะเร็งซึ่งอาจจะทำให้มะเร็งมีการพัฒนาหรือลุกลามเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย [1] ซึ่งในเวลาต่อมามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไมโครเวฟอัล ตร้าไวแบรนด์ที่ได้รับการพัฒนาต่อมาเรื่อย ๆ เพราะว่าเนื่องด้วยคุณสมบัติคลื่นความถี่ต่ำของไมโครเวฟอัลตร้าไวแบรนด์ ไม่เกิดกระบวนการไอออนไนซิง มีความสามารถมารถในการทะลุทะลวงสูง และมีการลดทอนของสัญญาณต่ำ ข้อได้เปรียบที่สาคัญที่สุดของสัญญาณเรดาห์ก็คือสามารถทาให้เห็นความแตกต่างขึ้นของค่าไดอิเล็กทริกพร็อพเพอตี้ระหว่างเนื้อเยื่อของเต้านมกับเนื้อเยื่อของของมะเร็ง โดยจากประโยชน์ความแตกต่างระหว่างค่าไดอิเล็กทริคที่ชัดเจนข้างต้น ซึ่งได้ถูกนามาพัฒนาประยุกต์ใช้ตำแหน่งของก้อนมะเร็ง [2]

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหามะเร็งเต้านมที่ผ่านๆ มานั้น โดยส่วนใหญ่ได้ทำการประมวลผลเท่านั้นและทำการขึ้นภาพฉายลักษณะของสัญญาณเท่านั้น [3] ซึ่งข้อผิดพลาดอาจเกิดได้ในรูปของสัญญาณรบกวนรวมทั้งการประมวลผลในลักษณะนี้มีความสิ้นเปลืองทรัยากร กอปรกับในปัจจุบันปัญญาประดิษฐได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วอย่างมากและได้มีการประยุกต์ในการประมวลผลต่างๆ โดยในงานวิจัยฉบับนี้ได้ก็ได้นำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในการทำนายตำแหน่งของมะเร็ง สืบเนื่องด้วยมีความแม่นยำค่อนข้องสูง อีกทั้งยังสามารถลดความยุ่งยาก ลดขั้นตอนในการทดลองให้ง่ายขึ้นอีกด้วย

1.2วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อค้นคว้าศึกษาถึงการแพร่กระจายเดินของคลื่นอัลตราไวด์แบรนด์ที่เดินทางผ่านตัวกลางเนื้อเยื่อเต้านมจำลองและก้อนมะเร็ง

1.2.2 สร้างต้นแบบทดลองเครื่องตรวจจับมะเร็งเต้านม

1.2.3 เพื่อศึกษาการประมวลผลข้อมูลทางสัญญาณ (Deep Learning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ในงานวิจัยนี้สามารถค้นหาวิธีการตรวจจับมะเร็งเต้านมด้วยสัญญาณอัลต้าไวด์แบรนด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการทะลุทวงและการสะท้อนกลับของคลื่นได้เป็นอย่างดี โดยได้นำปัญญาประดิษฐ์เข้ามาใช้งานวิจัยเพื่อที่จะลดความยุ่งยากและกระบวนการประมวลผลที่มีความซับซ้อนซึ่งแตกต่างจากแบบเดิม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

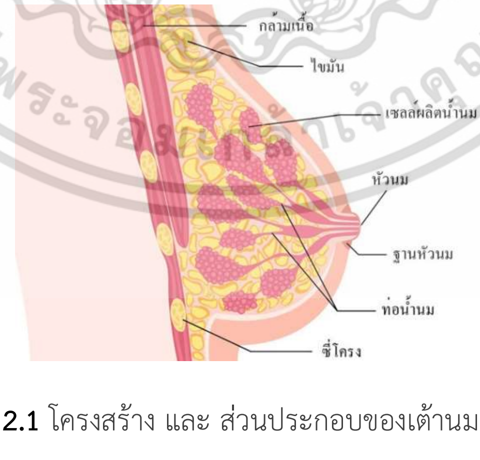
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 องค์ประกอบของเต้านม

เต้านม (Breast) คือ อวัยวะส่วนหนึ่งของร่างกายผู้หญิงอยู่บริเวณหน้าอกทั้งสองข้าง เต้านมของเด็กหญิงจะแบนราบ และจะพัฒนาขยายขึ้นในช่วงที่ผู้หญิงเริ่มเป็นวัยรุ่น เมื่อผู้หญิงมีบุตรเต้านมจะผลิตน้ำนม ประกอบไปด้วยท่อน้ำนมต่อมน้ำนมประมาณ 15–20 ต่อม ตรงปลายของต่อมน้ำนมเล็ก ๆ จะมีถุงกระเปาะขนาดเล็กเป็นแหล่งผลิตน้ำนม ทั้งหมดจะถูกเชื่อมต่อถึงกันโดยท่อน้ำนมและจะไปสิ้นสุดที่หัวนม ส่วนบริเวณช่องว่างระหว่างต่อมน้ำนมและท่อน้ำนมจะเป็นไขมันแทรกตัวอยู่โดยมีกล้ามเนื้อรองรับเต้านมอยู่เหนือกระดูกซี่โครงอีกชั้นหนึ่งเส้นเลือดจากบริเวณกล้ามเนื้อทรวงอกมาหล่อเลี้ยง มีไขมันล้อมรอบกลายเป็นเต้านมแต่ละข้าง มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือเอ็นที่ชื่อคูเปอร์แผ่ยึดระหว่างฐานนมและผิวหนัง ทำหน้าที่ในการพยุงส่วนประกอบของเต้านมให้คงรูป นอกจากนี้เต้านมไม่ใช่เนื้อก้อนใหญ่ ๆ ก้อนหนึ่งแต่แบ่งออกเป็นกลีบ ๆ ไม่ต่างอะไรจากกลีบส้ม มีหัวนมเป็นศูนย์กลางของเต้านม ซึ่งต่อมน้ำนมทุกต่อมมีท่อน้ำนมต่อเชื่อมไปออกที่ปลายหัวนม เป็นทางระบายออกนอกร่างกายให้ทารกดื่มกิน ทั้งหมดถูกหล่อเลี้ยงด้วยเลือดแดงจากผนังอก และท่อน้ำเหลืองที่เชื่อมไปถึงต่อมน้ำเหลืองใต้รักแร้ และเหตุผลที่เต้านมสามารถสั่นคลอนและห้อยย้อยได้ก็เพราะว่าเอ็นคูเปอร์ไม่ได้ยึดเอาไว้แน่นนั่นเอง



รูปที่ 2.1 โครงสร้าง และ ส่วนประกอบของเต้านม (Breast)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ส่วนประกอบของเต้านม

เต้านมประกอบด้วยต่อมและเนื้อเยื่อไขมันมากมายระหว่างชั้นของผิวหนัง และผนังช่องอก ซึ่งเนื้อเยื่อไขมันนี่เองที่เป็นตัวกำหนดขนาด และรูปร่างของทรวงอก ขณะที่มีบุตรต่อมดังกล่าวจะผลิตน้ำนมส่งผ่านท่อน้ำนมไปยังหัวนม ดังนั้นช่วงที่ให้นมลูก ต่อมน้ำนม และท่อต่างๆ จะมีขนาดใหญ่ขึ้น เต้านมยังประกอบด้วยเส้นเลือด และน้ำเหลือง โดยน้ำเหลืองจะนำของเสียที่เต้านมขับออกไปยังเนื้อเยื่อขนาดเล็กเท่าเม็ดถั่วที่เรียกว่า ต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ ซึ่งต่อมน้ำเหลืองจะทำหน้าที่กรอง และทำความสะอาดน้ำเหลือง เต้านมไม่มีกล้ามเนื้อแต่วางอยู่บนกล้ามเนื้อหน้าอกมัดใหญ่ (Pectoralismajor) ซึ่งอยู่เหนือกระดูกซี่โครง ซี่ที่ 2 ถึง 6 การหมุนเวียนสารอาหาร ออกซิเจน และของเสียในเต้านม จะผ่านทาง หลอดเลือดและหลอดน้ำเหลือง

2.3 ระบบทางเดินน้ำเหลืองในเต้านม

ระบบทางเดินน้ำเหลือง มีความสำคัญที่เราจะต้องทำความเข้าใจเพราะว่า เป็นเส้นทางหนึ่งที่เซลล์มะเร็งเต้านมจะแพร่กระจายไปได้ระบบทางเดินน้ำเหลือง ประกอบไปด้วยหลายๆ ส่วน ดังนี้

ต่อมน้ำเหลือง มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วขนาดเล็ก ที่รวบรวมเซลล์ใน ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (เซลล์ที่มีความสำคัญในการต่อสู้กับเชื้อโรค) ต่อมน้ำเหลือง จะเชื่อมต่อกันด้วยท่อน้ำเหลือง ที่มีลักษณะคล้ายเส้นเลือดดำ ขนาดเล็ก ท่อน้ำเหลือง มีของเหลวใสอยู่ภายใน เรียกว่า น้ำเหลือง (Lymph)

น้ำเหลือง ประกอบไปด้วยของเหลวจากเนื้อเยื่อ และของเสีย รวมทั้ง เซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ท่อน้ำเหลืองส่วนใหญ่ในเต้านมจะเชื่อมต่อไปยังต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ (Axillary Nodes) ท่อน้ำเหลืองบางท่อไปเชื่อมต่อกับต่อมน้ำเหลืองที่อยู่ในผนังทรวงอก (Internal Mammary Nodes) ต่อมน้ำเหลืองบริเวณเหนือกระดูกไหปลาร้า (Supraclavicular nodes) และ ใต้กระดูกไหปลาร้า (Infraclavicular nodes)

2.4 การเปลี่ยนขนาดของเต้านมจากฮอร์โมนเอสโทรเจนและโพรเจสเทอโรน

1. ช่วงก่อนมีประจำเดือน จะรู้สึกคัดเค้าเต้านมหรือเต้านมขยายใหญ่ขึ้น
2. ช่วงหลังเป็นประจำเดือน ขนาดของเต้านมจะเล็กลง
3. ช่วงตั้งครรภ์เต้านมจะขยายขนาดขึ้น
4. การคุมกำเนิดโดยวิธีต่าง ๆ ซึ่งเป็นการรับฮอร์โมนเพศหญิงจากภายนอกเข้าสู่ร่างกาย ก็อาจทำให้เต้านมขยายใหญ่ขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็นฮอร์โมนชนิดฉีด กิน หรือทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ความผิดปกติที่เกิดกับเต้านม

1. การมีน้ำคัดหลั่งออกมาทางหัวนม (Nipple Discharge) ภาวะเช่นนี้เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เนื้องอกชนิดไม่ร้ายแรงของท่อน้ำนม มะเร็งเต้านม ผลข้างเคียงจากยาบางชนิด และระดับฮอร์โมนที่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม ควรรีบไปพบแพทย์หากพบว่ามีน้ำคัดหลั่งจากหัวนมไหลออกมาเองโดยไม่ได้อยู่ในช่วงของการตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร

2. เต้านมอักเสบ (Mastitis) เป็นการอักเสบบริเวณเต้านมที่พบได้บ่อยในผู้หญิงที่อยู่ระหว่างการให้นมบุตร เกิดจากการอุดตันของท่อน้ำนมจนทำให้น้ำนมสะสมตัวอยู่ภายในจนเกิดการอักเสบและติดเชื้อแบคทีเรีย อาการที่พบคือมีก้อนที่เต้านม ปวด บวมแดง และรู้สึกเจ็บเมื่อโดนกดเต้านมบริเวณที่อักเสบ ในเบื้องต้นแพทย์อาจให้ยาปฏิชีวนะในการรักษา แต่ถ้าพบว่ามีฝีหรือหนองอักเสบอยู่ภายในก็อาจต้องเจาะหนองหรือผ่าตัดออก

3. ท่อน้ำนมโป่งพอง (Mammary duct ectasia) เกิดกับผู้หญิงที่เริ่มเข้าสู่วัยหมดประจำเดือน มีสาเหตุมาจากการอักเสบและอุดตันของท่อน้ำนมบริเวณใต้หัวนม ทำให้เกิดการเจ็บปวดและมีน้ำคัดหลั่งที่ข้นเหนียวสีเทาถึงสีเขียวออกมาทางหัวนม วิธีการรักษาคือให้ใช้น้ำร้อนประคบและบีบเค้นเบาๆ ให้น้ำคัดหลั่งไหลออกมาจนหาย ควบคู่กับการใช้ยาปฏิชีวนะ และหากจำเป็นก็อาจต้องทำการผ่าตัดเอาท่อน้ำนมที่อักเสบออก

4. ภาวะผู้ชายมีนม (Gynecomastia) เป็นอาการที่เนื้อเยื่อเต้านมของผู้ชายเกิดการขยายตัว ทำให้เต้านมมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยเกิดจากการมีฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ควบคุมลักษณะความเป็นหญิงที่มากเกินไป

5. ก้อนที่เต้านมชนิดไม่ร้ายแรง (Benign Breast Lump) โดยทั่วไปก้อนที่เต้านม มักพบในผู้หญิงช่วงอายุ 30 ปีขึ้นไป โดยเกิดจากสาเหตุหลักๆ ดังต่อไปนี้

6. ไฟโบรซิสติค (Fibrocystic Disease) เป็นภาวะที่พบได้บ่อยที่สุด เกิดจากการกระตุ้นของฮอร์โมนทำให้เกิดเป็นถุงน้ำ จนมีก้อนโตขึ้นและเจ็บเต้านมก่อนจะมีรอบเดือน ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งสองข้างหรือข้างเดียวแต่อาการจะค่อยๆ ดีขึ้นเมื่อรอบเดือนหมด และจะหายไปเองเมื่อผู้หญิงเริ่มเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนโดยไม่จำเป็นต้องทำการรักษา

7. ไฟโปรอดีโนมา (Fibroadenoma) เป็นเนื้องอกไม่ร้ายแรงที่เป็นก้อนแข็งขนาดราวๆ 1 – 5 เซนติเมตร ประกอบด้วยพังผืดและเนื้อเยื่อจากต่อมน้ำนม มักไม่มีอาการเจ็บแต่อาจรู้สึกคัดเต้านมบ้างก่อนมีรอบดือนเวลาคลำดูจะรู้สึกว่ามันกลิ้งไปมาได้ มักเกิดในผู้หญิงในช่วงวัยเจริญพันธุ์ สามารถรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดเอาก้อนออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

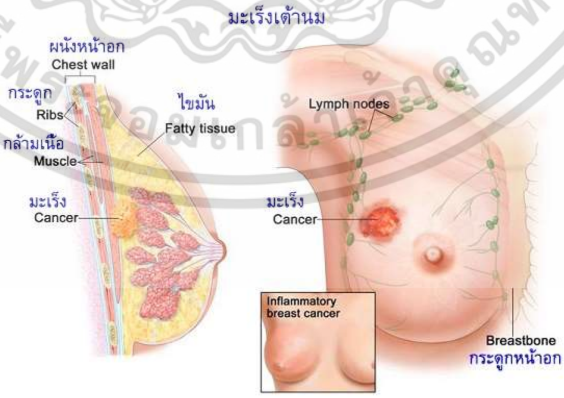
8. เซลล์ไขมันในเต้านมถูกทำลาย (Fat Necrosis) เกิดจากการที่เต้านมได้รับการกระแทกอย่างรุนแรงและมีเลือดออกในเต้านม มักเกิดในคนที่มีเต้านมใหญ่หรือเกิดจากอุบัติเหตุที่แม้แต่ผู้ป่วยเองก็อาจไม่รู้ตัว ทำให้ไขมันเกิดการอักเสบรวมกันเป็นก้อนและมีอาการช้ำซึ่งอาจจะปวดหรือไม่ก็ได้ สังเกตดูจะพบว่าผิวหนังด้านบนช้ำเลือดช้ำหนอง อาการนี้อาจหายไปได้เองหรือจะทำการผ่าตัดเอาออกก็ได้

9. ซีสต์ (Cysts) คือเนื้องอกที่เป็นถุงน้ำ บางครั้งอาจเป็นก้อนที่อ่อนนุ่มและเกิดขึ้นก่อนมีรอบเดือน แพทย์อาจทำการรักษาโดยเจาะของเหลวออก ซึ่งหากก้อนยุบลงทันทีหลังจากเจาะและของเหลวนั้นไม่มีสีหรือออกเป็นสีเขียว ก็ไม่จำเป็นต้องทำการรักษาเพิ่ม แต่ถ้าหากของเหลวมีเลือดเจือปนก็ต้องส่งไปตรวจดูว่าเป็นมะเร็งหรือไม่ และอาจต้องใช้วิธีผ่าตัดเอาก้อนเนื้องอกออก

2.6 มะเร็งเต้านม (Breast cancer)

มะเร็งเต้านม เกิดจากความผิดปกติของเซลล์ที่อยู่ภายในท่อน้ำนมหรือต่อมน้ำนม เซลล์เหล่านี้มีการแบ่งตัวผิดปกติไม่สามารถควบคุมได้ มักแพร่กระจายไปตามทางเดินน้ำเหลือง ไปสู่อวัยวะที่ใกล้เคียง เช่น ต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ หรือแพร่กระจายไปสู่อวัยวะที่อยู่ห่างไกล เช่น กระดูก ปอด ตับ และสมอง เช่นเดียวกับมะเร็งชนิดอื่นๆ

เมื่อเซลล์มะเร็งสามารถกระจายไปสู่ต่อมน้าเหลืองได้ ก็จะมีโอกาสสูงที่จะ เข้าสู่ระบบหลอดเลือดและแพร่กระจายไปยังส่วนอื่นของร่างกาย ยิ่งต่อมน้าเหลืองที่มีเซลล์มะเร็งเต้านมเป็นจำนวนมากเท่าใด ก็ยิ่งมีโอกาสที่จะพบเซลล์มะเร็งในอวัยวะอื่นมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นจานวนต่อมน้าเหลืองที่มีเซลล์มะเร็งจึงมีผลต่อแผนการรักษา อย่างไรก็ตามไม่ใช่ผู้ป่วยทุกคนที่มีมะเร็งในต่อมน้าเหลืองแล้วจะมีการแพร่กระจายและบางครั้งการแพร่กระจายก็พบในผู้ป่วยที่ไม่มีเซลล์มะเร็งในต่อมน้ำเหลือง



รูปที่ 2.2 โครงสร้าง และ ส่วนประกอบของเต้านม (Breast)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต้านมนั้นมีส่วนประกอบอยู่หลายชนิด เช่น ไขมัน (fat cells) ต่อมน้ำนม (lobule) ที่ทำหน้าที่ผลิตน้ำนม และท่อน้ำนม (duct) ทำหน้าที่รวบรวมน้ำนมทีผลิตจากต่อมน้ำนมมายังหัวนม เซลล์ต่างๆ เหล่านี้สามารถกลายพันธุ์เกิดเป็นมะเร็งได้ทั้งนั้น แต่ที่พบบ่อยที่สุดที่เกิดความผิดปกติ และทำให้เกิดมะเร็งเต้านมคือ เซลล์ท่อน้ำนม ดังนั้น มะเร็งเต้านมชนิดที่พบบ่อยที่สุด จึงมีชื่อเรียกว่า (invasive ductal carcinoma) และชนิดของมะเร็งที่พบน้อย คือ มะเร็งของต่อมน้ำนม ที่มีชื่อเรียกว่า (invasive lobular carcinoma) ซึ่งมะเร็งทั้งสองชนิดนี้มี วิธีการรักษาเหมือนกัน และอีกชนิดสุดท้าย ซึ่งพบเป็นก้อนที่เต้านมเกิดจากมะเร็งจากที่อื่นแพร่กระจายมา เรียกว่า (metastatic carcinoma) ซึ่งอันนี้ การรักษาจะไม่เหมือนกับมะเร็งที่เกิดจากเต้านมและต้องรักษาตามชนิดของมะเร็งตัวแม่ที่ส่งเซลล์แพร่กระจายมา ซึ่งจะไม่กล่าวถึง มะเร็งเต้านมยังคงเป็นมะเร็งที่พบได้บ่อยอันดับ 1 ในผู้หญิงไทยและทั่วโลก มะเร็งเต้านมพบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย โดยผู้ชายมีโอกาสพบได้น้อยมากเพียง 1% ของมะเร็งเต้านมทั้งหมด จากการเก็บข้อมูลจำนวนผู้ป่วยมะเร็งชนิดต่างๆในประเทศไทยของสถาบันมะเร็งแห่งชาติในปี พ.ศ.2559 พบว่า มะเร็งเต้านมเป็นมะเร็งที่มีจำนวนผู้ป่วยมากที่สุดเป็นอันดับ 1

2.7 สาเหตุของมะเร็งเต้านม

1. ความผิดปกติทางกรรมพันธุ์ คือ มีประวัติคนในครอบครัวเป็นมะเร็งเต้านม ยิ่งถ้ามีญาติสายตรงเป็นมะเร็งเต้านมก็ยิ่งเสี่ยงเพิ่มขึ้น ผู้หญิงที่มีแม่ น้องสาว พี่สาว หรือบุตรเป็นมะเร็งเต้านมก่อนอายุ 50 ควรต้องได้รับการตรวจเช็คมะเร็งเต้านมอายุ เมื่ออายุเพิ่มขึ้นก็มีโอกาสที่จะมีความผิดปกติของยีนในเซลล์เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดมะเร็งได้
2. มีประจำเดือนอายุน้อย (น้อยกว่า 12 ปี) หรือหมดประจำเดือนช้า (มากกว่าอายุ 50 ปี) ทำให้ร่างกายสัมผัสกับฮอร์โมนเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนนานกว่าผู้หญิงปกติ
3. เพศ ผู้ชายอาจเป็นมะเร็งเต้านมได้แต่น้อยกว่าผู้หญิงมาก ผู้หญิงมีโอกาสเป็นมะเร็งเต้านมมากกว่าผู้ชายถึง 100 เท่า
4. เต้านมมีเนื้อเยื่อแน่น หมายถึง มีต่อมน้ำนมมากกว่าผู้หญิงทั่วไปทำให้มีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น และอีกนัยหนึ่ง คือ ทำให้แพทย์พบความผิดปกติได้ยากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการตรวจเต้านมหรือการใช้เครื่องมือช่วยวินิจฉัย
5. เชื้อชาติ มีความสำคัญ ผู้หญิงตะวันตกมีความเสี่ยงสูงกว่าผู้หญิงชาวเอเชีย
6. ประวัติดื่มเครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์ เหล้าเพิ่มความเสี่ยงของมะเร็งเต้านม ผู้หญิงที่ดื่มมากกว่า2-5 แก้วต่อวัน มีความเสี่ยงสูงกว่าผู้หญิงที่ไม่ดื่ม 1.5 เท่า
7. อ้วน ความอ้วนนอกจากจะทำให้ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ เบาหวานเท่านั้น ยังทำให้ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งเต้านมเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ไม่เลี้ยงลูกด้วยนมมารดา เนื่องจากช่วงให้นมบุตรจะทำให้มารดาไม่มีประจำเดือนมา เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนและป้องกันมะเร็งเต้านมได้

9. มีประวัติการเป็นมะเร็งเต้านม โดยผู้ป่วยที่เกิดมะเร็งเต้านมขึ้นข้างหนึ่งมีความเสี่ยง 3 - 4 เท่า ในการที่จะเกิดก้อนมะเร็งขึ้นที่เต้านมอีกข้าง

10. ประวัติโรคทางเต้านมในอดีต โรคบางโรคที่มีการเจริญของเซลล์ผิดปกติในเต้านม สามารถที่จะเพิ่มความเสี่ยงหรือพัฒนากลายเป็นมะเร็งเต้านมได้ในอนาคต เช่น Atypical ductal hyperplasia (ADH) เป็นต้น

11. มีประวัติการเป็นมะเร็งเต้านม โดยผู้ป่วยที่เกิดมะเร็งเต้านมขึ้นข้างหนึ่งมีความเสี่ยง 3 - 4 เท่า ในการที่จะเกิดก้อนมะเร็งขึ้นที่เต้านมอีกข้าง

12. ประวัติโรคทางเต้านมในอดีต โรคบางโรคที่มีการเจริญของเซลล์ผิดปกติในเต้านม สามารถที่จะเพิ่มความเสี่ยงหรือพัฒนากลายเป็นมะเร็งเต้านมได้ในอนาคต เช่น Atypical ductal hyperplasia (ADH) เป็นต้นการสัมผัสกับฮอร์โมนเอสโตรเจน พบว่าการสัมผัสกับเอสโตรเจนเป็นเวลานานจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งเต้านม

2.8 ลักษณะที่บ่งชี้หรือต้องสงสัยว่าอาจจะเป็นมะเร็งเต้านม (Breast Cancer)

อาการต่างๆ ต่อไปนี้อาจบ่งชี้ถึงโรคมะเร็งซึ่งคุณควรไปปรึกษาแพทย์ทันที

1. คลำได้ก้อนแข็งในเต้านม มีก้อนหนาๆ ในเต้านมหรือใต้แขน

2. มีความเปลี่ยนแปลงของลักษณะผิวเต้านม มีก้อนขรุขระ หรือมีแผลที่ไม่หาย ผิวหนังแข็ง หรือมีสีเปลี่ยนแปลง

3. ลักษณะของผิวเต้านมเห็นรอยรูขุมขนชัดขึ้น ซึ่งทำให้ดูคล้ายลักษณะของผิวส้มซึ่งเกิดจากมีเซลล์มะเร็งอยู่ใต้ชั้นผิวหนังในบริเวณหลอดน้ำเหลือง

4. มีรอยบุ๋มของผิวหนังบริเวณเต้านม

5. มีน้ำเหลืองหรือน้ำเลือดไหลออกจากหัวนมหรือมีแผลบริเวณเต้านม โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผลบริเวณหัวนมและรอบหัวนมเกิดความเปลี่ยนแปลงใดๆก็ตามที่เต้านมเพียงข้างเดียว

6. อาการปวดบริเวณเต้านม

7. ไม่มีอาการผิดปกติ แต่พบรอยโรคจากการตรวจแมมโมแกรมหรืออัลตร้าซาวด์เต้านม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การคัดกรองมะเร็งเต้านม (Breast Cancer Screening)

การคัดกรอง คือ การใช้เครื่องมือคัดกรอง (Screening Test) ที่ใช้ได้ง่าย ต้นทุนไม่สูง เพื่อคัดกรอง ผู้ที่ไม่มีอาการหรืออาการแสดง ซึ่งส่วนใหญ่มักจะมีจำนวนมาก เพื่อแยกกลุ่มที่สงสัยผิดปกติออกจากกลุ่มคนทั้งหมด เพื่อนำไปสู่การตรวจยืนยันที่มีความวัยและความจำเพาะสูง (high sensitivity & Specificity) ต่อไป ยกตัวอย่าง 3 พื้นที่ที่มีวิธีการคัดกรองมะเร็งเต้านมที่แตกต่างกัน ดังนี้

พื้นที่ A ใช้การตรวจเต้านมด้วยตนเอง ทุกเดือน (BSE) เป็นการคัดกรอง ถ้าพบความผิดปกติ ให้ไปพบแพทย์เพื่อทำการตรวจยืนยัน (Clinical Breast Examination หรือ CBE) ต่อไป

พื้นที่ B ไม่ได้ให้สตรีทำ BSE แต่ทำการคัดกรองโดย ให้ไปพบเจ้าหน้าที่สาธารณสุขเพื่อตรวจเต้านมปีละครั้ง (Clinical Breast Examination หรือ CBE) ถ้าพบความผิดปกติ ก็ทำการส่ง Mammogram เพื่อตรวจยืนยันต่อไป

พื้นที่ C ไม่ได้ให้ตรวจทั้ง BSE และ CBE แต่คัดกรองโดย ให้สตรีอายุ 50 ปีขึ้นไปทำการตรวจ Mammogram ปีละครั้ง ถ้าพบความผิดปกติ ก็ทำการตรวจยืนยันต่อไป (Fine Needle Aspiration : FNA หรือ Tissue Biopsy ต่อไป)

การส่งตรวจเพื่อวินิจฉัย คือ การส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ (Lab หรือ X ray) ผู้ที่มีอาการหรืออาการแสดง เพื่อการวินิจฉัย เช่น ตรวจพบก้อนที่เตานม จึงส่งตรวจ Mammogram เพื่อการวินิจฉัย

มะเร็งเต้านมสามารถคัดกรองหรือค้นหาโรคในระยะเริ่มแรกได้ ทำให้สามารถรักษาโรคให้หายขาด ซึ่งการตรวจค้นหามะเร็งเต้านมให้พบตั้งแต่ ในระยะเริ่มแรก จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุด และสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ [13]

2.9.1 การตรวจแมมโมแกรม

เป็นการตรวจทางรังสี ชนิดหนึ่ง คล้ายกับการเอกซเรย์ แต่เครื่องตรวจแมมโมแกรม จะเป็นเครื่องเฉพาะ ที่ใช้ปริมาณรังสีน้อยกว่าเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป แต่มีความสามารถในการตรวจที่ละเอียดกว่ามาก ในการตรวจแมมโมแกรม โดยทั่วไป จะฉายรูปเต้านมด้านละ 2 รูป โดยการบีบเนื้อนมเข้าหากัน และถ่ายรูปจากด้านบน และ ด้านข้างอย่างละหนึ่งรูป รวมการตรวจแมมโมแกรมในระบบมาตรฐาน 4 รูป ในกรณีที่พบจุดสงสัย อาจมีการถ่ายรูปเพิ่มหรือ ขยายรูป เพื่อให้เกิดความชัดเจน [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 การตรวจแมมโมแกรม

สิ่งที่แมมโมแกรม สามารถตรวจพบ และดีกว่าการตรวจวิธีอื่น ก็คือ สามารถเห็นจุดหินปูนในเต้านม ซึ่งใบางครั้ง มะเร็งเต้านม อาจมีขนาดเล็กมาก คลำก็ไม่พบ ตรวจอัลตราซาวด์ก็ไม่พบ สามารถตรวจพบได้เฉพาะในการตรวจแมมโมแกรมเท่านั้น ดังนั้น แมมโมแกรม จึงมีประโยชน์ในการตรวจหามะเร็งเต้านมขนาดเล็ก

2.9.2 การตรวจอัลตราซาวด์

เป็นการตรวจโดยการส่งคลื่นเสียงความถี่สูง เข้าไปในเนื้อเต้านม เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับเนื้อเยื่อต่างๆ จะสะท้อนกลับขึ้นมาที่เครื่องตรวจ ซึ่งจะตรวจจับความแตกต่างของเนื้อเยื่อได้ คล้ายกับการตรวจด้วยเรดาร์ ทำให้สามารถแยกเนื้อเยื่อเต้านมปกติ กับก้อนในเต้านมได้ นอกจากนี้ ยังสามารถบอกได้ว่าก้อนที่พบในเนื้อเต้านมนั้น มีองค์ประกอบเป็นน้ำ หรือ เป็นก้อนเนื้อ ในกรณีที่เป็นน้ำ ก็ค่อนข้างจะสบายใจเพราะไม่เหมือนมะเร็ง แต่หากเป็นก้อนเนื้อ อัลตราซาวด์ จะช่วยบอกว่าก้อนเนื้อนั้นมีขอบเขตที่ดูเรียบร้อย หรือดูค่อนไปทางเป็นเนื้อร้าย แมมโมแกรม และ อัลตราซาวด์ ดีไปคนละอย่าง [5]

รูปที่ 2.4 การตรวจอัลตราซาวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 การตรวจเต้านมด้วยตนเอง

80% ของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมจะมาด้วยอาการพบก้อนที่บริเวณเต้านม และส่วนใหญ่ผู้ป่วยจะตรวจพบหรือคลำได้ด้วยตนเอง การตรวจเต้านมด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอจะทำให้รู้ว่าลักษณะของเต้านมปกติเป็นอย่างไร และสามารถสังเกตได้หากเริ่มมีความผิดปกติขึ้น จะทำให้แพทย์สามารถรักษาได้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรกซึ่งจะทำให้การรักษาได้ผลที่ดีเยี่ยม [6]

ผู้หญิงที่เป็นมะเร็งเต้านมในประเทศไทยส่วนมากจะมาพบแพทย์ด้วยปัญหาก้อนที่เต้านม ซึ่งอาจมีขนาดของก้อนมะเร็งใหญ่เล็กแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการมีก้อนที่เต้านมในผู้หญิงไม่ได้หมายความว่าจะต้องเป็นมะเร็งเสมอไป ก้อนในเต้านมส่วนมากไม่ใช่มะเร็ง จากสถิติพบว่าถ้าพบก้อนที่เต้านมในผู้หญิงที่อายุน้อยกว่า 30 ปี จะมีโอกาสเป็นมะเร็งเพียง 1.4 % แต่ถ้าพบก้อนในผู้หญิงที่มีอายุมากกว่า 50 ปี จะมีโอกาสเป็นมะเร็งสูงถึง 58 % ดังนั้นหากท่านคลำพบก้อนที่เต้านม ขอให้ท่านอย่าได้นิ่งนอนใจ ไม่ต้องรอให้มีอาการเจ็บหรือปวด ควรรีบไปพบแพทย์เพื่อตรวจและรักษาตามความเหมาะสม และนอกจากก้อนที่เต้านมแล้วอาการอย่างอื่นที่ควรมาพบแพทย์ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของผิวหนังบริเวณหน้าอก เช่น มีรอยบุ๋ม ย่น หดตัว หนาผิดปรกติคล้ายเปลือกส้ม หรือบางส่วนเกิดเป็นสะเก็ด ความเปลี่ยนแปลงของหัวนม เช่น มีการหดตัว หัวนมบอด คันหรือแดงผิดปรกติ เลือดออกทางหัวนม อาการเจ็บเต้านม หรือ มีก้อนที่รักแร้ ท่านไม่ควรปล่อยอาการเหล่านี้ไว้ ควรรีบไปพบแพทย์เพื่อให้ได้รับการตรวจวินิจฉัยโดยเร็ว

มะเร็งเต้านมสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ

มะเร็งระยะที่ 1 : ระยะเริ่มแรกจะไม่มีอาการ

- ก้อนเนื้องอกจะมีขนาดเล็กกว่า 2 ซม. (¾ นิ้ว)
- มะเร็งยังไม่ลุกลามเข้าต่อมน้ำเหลือง
- มะเร็งยังไม่ลุกลามไปยังอวัยวะอื่นๆ

มะเร็งระยะที่ 2 : ก้อนมะเร็งจะโตกว่าระยะ 1 และอาจยังไม่แพร่กระจายไปยังส่วนอื่นของร่างกาย

- ขนาดของก้อนมะเร็งมีขนาดประมาณ 2 ถึง 5 ซม.
- มะเร็งอาจจะลุกลามไปถึงต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ได้
- การลุกลามของมะเร็งอาจจะกระจายไปต่อมน้ำเหลืองและบริเวณที่อยู่ใกล้

มะเร็งระยะที่ 3 : การลุกลามของเซลล์มะเร็งอาจจะอยู่กับที่หรืออาจไปถึงต่อมน้ำเหลืองที่คอ

- ขนาดของก้อนมะเร็งมีขนาดเล็กกว่า 5 ซม. (2นิ้ว)
- ไม่มีก้อนที่เต้านม แต่มีมะเร็งที่ต่อมน้ำเหลืองและบริเวณที่อยู่ใกล้
- เนื้องอกมีขนาดเล็กกว่า 5 ซมและมีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองใต้รักแร้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : มะเร็ง ผิวหนังที่เกิดขึ้นบริเวณเต้านมเป็นอีกหนึ่งของโรคมะเร็งเต้านม และสามารถจัดเป็นมะเร็งระยะที่ 3 ได้ เนื่องจากไม่มีเนื้องอกปรากฎ เซลล์มะเร็งชนิดนี้จะหดอยู่ในท่อน้ำเหลือง ซึ่งจะทำให้บริเวณผิวหนังของเต้านมมีรอยบุ๋ม ย่น หดตัว หนาผิดปกติ บางส่วนมีสะเก็ด หัวนมมีการหดตัว คัน หรือแดงผิดปกติ

มะเร็งระยะที่ 4 : มะเร็งในระยะนี้ได้แพร่กระจายไปส่วนอื่นของร่างกาย และเป็นมะเร็งระยะสุดท้าย

- เซลล์จะแบ่งตัวไม่หยุด ร่างกายจะไม่สามารถควบคุมการแบ่งตัวของเซลล์ได้ ดังนั้นเซลล์จะแพร่กระจายไปยังอวัยวะที่ใกล้เคียงและแพร่ไปยังอวัยวะอื่นๆ โดยอาจจะไปตามกระแสเลือด หรือทางน้ำเหลือง เราเรียกการแพร่กระจายนี้ว่า “Metastasis”

หมายเหตุ : มะเร็งเต้านมในระยะสุดท้ายถือเป็นระยะที่ร้ายแรง และอาจถึงเสียชีวิตได้ การได้รับการรักษาจากแพทย์ผู้ช่วยชาญด้านโรคมะเร็งอย่างต่อเนื่องจะสามารถ ช่วยให้อาการทุเลาลงได้ [7]

2.10 เปรียบเทียบข้อดีขอเสียของการตรวจแต่ละแบบ

การตรวจอัลตราซาวด์ (Ultrasound) คือ การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงผ่านทะลุเข้าสู่อวัยวะภายในโดยเหตุที่เนื้อเยื่ออยู่ในฐานะเป็นตัวกลางของคลื่นเสียงซึ่งมีคุณสมบัติที่ต่างกัน จึงทำให้คลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมาต่างกัน แล้วใช้คลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมานั้นเองประมวลขึ้นเป็นภาพ (หลักการเดียวกับเครื่องโซนาร์ที่ปล่อยออกจากเรือดำน้ำ)

ข้อดี คือ ค่าใช้ในการตรวจถูกมาก เป็นการตรวจที่ทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ปราศจากความเจ็บปวด ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพใด ๆ เพราะไม่มีรังสี แม้มีโลหะอยู่ในตัวก็สามารถตรวจได้ และให้ผลตรวจรวดเร็วกว่าแบบอื่น จึงทำให้การตรวจนี้เป็นการตรวจที่เหมาะกับโรคที่ไม่ซับซ้อน ตรวจเบื้องต้น ตรวจคัดกรอง และตรวจเพื่อติดตามโรคและติดตามผลจากการรักษา นอกจากนี้ในขณะตรวจยังสามารถทำให้เห็นภาพแม้ในขณะที่อวัยวะกำลังทำงานอยู่ เช่น หัวใจที่กำลังเต้น พร้อมทั้งยังได้ยินเสียงการปั๊มของหัวใจพร้อมกันไปด้วย (ในขณะที่ภาพจากการตรวจเอกซเรย์ เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ หรือเอ็มอาร์ไอจะเป็นภาพนิ่ง ดังนั้นในบางสถานการณ์ เช่น ถ้าเป็นการตรวจภาพการเต้นหรือบีบตัวของหัวใจ หรือตรวจการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดต่าง ๆ อัลตราซาวด์จึงมีประโยชน์มากกว่าการตรวจดังกล่าว)

ข้อเสีย คือ ให้ภาพซึ่งเห็นได้แต่เพียงรูปร่างและขนาดของอวัยวะเป็นสำคัญ โดยไม่อาจเห็นจุดซึ่งเป็นถุงไขมันขนาดเล็กหรือจุดเริ่มต้นมะเร็งจุดเล็ก ๆ ได้ และภาพที่ได้จะไม่ชัดเจนเท่าเอกซเรย์คอมพิวเตอร์และเอ็มอาร์ไอ (แต่ก็ไม่ได้ด้อยกว่ากันมากนัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกซเรย์ (X-ray) คือ การใช้คลื่นแสงความถี่สูงมากให้ผ่านเนื้อเยื่อของร่างกาย ซึ่งมีความหนาแน่น ความหนาหรือความบางต่างกัน ทำให้รังสีซึ่งทะลุผ่านไปตกที่ฟิล์มมีความเข้มของพลังงานแตกต่างกัน จึงเกิดเป็นเงาภาพของอวัยวะนั้น ๆ ขึ้นบนแผ่นฟิล์ม

ข้อดี คือ ค่าใช้จ่ายในการตรวจไม่สูงนัก เป็นการตรวจที่สามารถเจาะทะลุทะลวงผ่านเนื้อเยื่อของทุกอวัยวะภายในร่างกายได้ ทั้งอากาศ ก๊าซ น้ำ ของเหลว เนื้อเยื่อที่อ่อนนุ่ม (เช่น ปอด) กล้ามเนื้อ หรือแม้แต่กระดูก

ข้อเสีย คือ รังสีเอกซ์มีผลต่อการทำให้ไขกระดูกทำงานผิดปกติไปจากเดิม ฉะนั้น การถูกฉายรังสีนี้บ่อยครั้งจึงอาจทำให้เกิดโรคโลหิตจางในระยะยาวจนอาจถึงก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือซีทีสแกน (Computed tomography scan : CT scan) คือการตรวจที่ใช้รังสีเอกซ์ฉายซ้อน ๆ เรียงกันเป็นภาพหน้าตัดทั้งด้านหน้าและด้านข้าง จึงทำให้อาจสร้างเป็นภาพ 3 มิติ และช่วยให้เห็นรูปร่างของอวัยวะภายในที่เจาะจงได้อย่างชัดเจน

ข้อดี คือ ช่วยให้เห็นภาพอวัยวะภายในได้เกือบทุกจุดอย่างชัดเจนละเอียดละออ

ข้อเสีย คือ มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เป็นการตรวจที่เปรียบเสมือนการจงใจให้ร่างกายต้องถูกฉายรังสีเอกซ์อย่างมากติดต่อกันเป็นเวลานาน จึงไม่ควรรับการตรวจด้วยวิธีนี้บ่อยครั้งจนเกินไป

การตรวจเอ็มอาร์ไอ (Magnetic resonance imaging : MRI) เป็นการตรวจโดยใช้คลื่นแม่เหล็กกำลังสูงผ่านเข้าสู่อวัยวะภายใน เนื่องจากเนื้อเยื่อในแต่ละอวัยวะจะให้ผลสะท้อนและตอบสนองต่อคลื่นแม่เหล็กไม่เท่ากัน จึงสามารถนำมาประมวลผลเป็นภาพให้เห็นอวัยวะภายในได้

ข้อดี คือ มีความปลอดภัย ไม่ทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อหรือไขกระดูก คลื่นแม่เหล็กมีอำนาจทะลุทะลวงทุกชนิด จึงแสดงภาพของอวัยวะที่ซับซ้อนลึก ๆ ได้ดี

ข้อเสีย คือ มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงมาก ต้องนอนรับการตรวจในอุโมงค์ การตรวจให้รายละเอียดของภาพขนาดเล็กไม่ชัดเจน (เช่น ในกรณีจุดที่มะเร็งเริ่มก่อตัวขนาดเล็กมาก ๆ อาจไม่ปรากฏให้เห็นในภาพของ MRI แต่หากตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก็อาจจะปรากฏให้สังเกตได้) และไม่สามารถตรวจได้ในผู้ที่มีชิ้นส่วนโลหะติดอยู่ในร่างกาย (เช่น ผู้ที่มีฟันปลอม ผู้ที่มีเครื่องกระตุ้นหัวใจ ผู้ที่มีแท่งโลหะยึดติดกับกระดูก) [8]

2.11 สายอากาศ

สายอากาศ อุปกรณ์สำหรับรับและส่งคลื่น ความถี่วิทยุ (radio frequency) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และในทางกลับกัน ก็เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศมีหลายขนาดและรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น สายอ่ากาศโทรทัศน์ในบ้าน มักติดตั้งไว้บนหลังคา ทำด้วยอะลูมิเนียม เพราะน้ำหนักเบาและทนต่อสภาพอากาศได้ดีกว่าโลหะทั่วไป สายอ่ากาศที่เรียกกันโดยทั่วไป เป็นส่วนที่ใช้แพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุออกไปตามการออกแบบใช้งานของสายอากาศ ส่วนความถี่ใช้งานนั้นจะถูกออกแบบให้ใช้ตามย่านความถี่นั้นๆ เฉพาะ ไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz ต้องใช้กับสายอากาศ 2.4 GHz เท่านั้น (ยกเว้นอุปกรณ์ภาครับอย่างเดียวเช่น วิทยุ FM-AM)

สายอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ จากรูปแบบการกระจายของคลื่นคือ

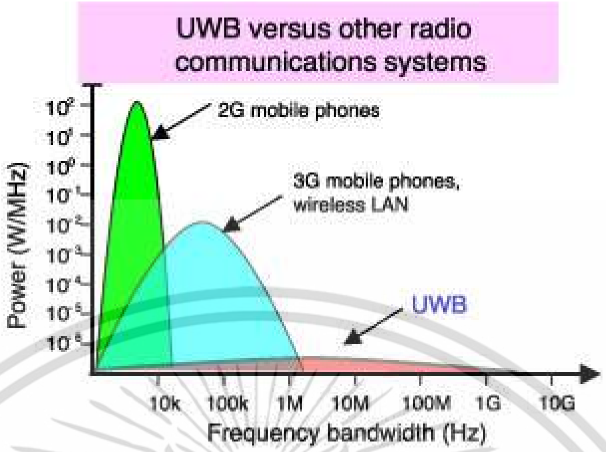
1. สายอากาศแบบรอบตัว (Omni Directional Antenna) สายอ่ากาศประเภทนี้มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทาง 360 องศา เหมาะสำหรับใช้ติดต่อกับเครื่องลูกข่ายที่เคลื่อนไหวอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่ไม่แน่นอน

2. สายอากาศแบบทิศทาง (Directional Antenna) เป็นสายอ่ากาศที่มีทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นที่มีทิศทางชัดเจน เหมาะสำหรับการติดต่อระหว่างจุดต่อจุด สามารถเพิ่มระยะทางการใช้งานได้ไกลกว่าสายอ่ากาศแบบรอบตัว แต่มีข้อเสียคือถ้าไม่อยู่ในทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นจะไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย

2.12 ทฤษฎีอัลตราไวด์แบรนด์ (Ultra Wideband Technology)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว และเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่มีบทบาทอย่างมากในการพัฒนาประเทศ และชีวิตความเป็นอยู่ในปัจจุบัน เช่น การติดต่อสื่อสารทางไกลทั้งใน ประเทศและระหว่างประเทศ การประชุมผ่านทางไกล การเรียนการสอนผ่านทางไกล การติดต่อสื่อสารส่วนบุคคล การติดต่อสื่อสารระยะสั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่นโครงข่ายในเป็นสำนักงาน และการโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย เป็นต้น เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายเหล่านี้ล้วนแล้วมีควา มต้องการความเร็วสูงมากในการส่งผ่านข้อมูล ดังนั้นเพื่อให้ได้ตามความต้องของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งความกว้างของแถบความถี่ และความจุของช่องสัญญาณ จึงเป็นประเด็นการพัฒนาเข้าไปสู่เทคโนโลยี 3G, 4G, 5G WiMedia และ WiMAX [9] ในอนาคตอันใกล้นี้ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจมาก ๆ สำหรับการศึกษาวิจัย มีเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายมากมายที่ได้รับความสนใจ แต่มีเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง (Ultra wideband; UWB) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจมาก เพราะมีแถบกว้างมากมีแบนด์วิดท์กว้างถึง 7.5 GHz ในช่วงความถี่ระหว่าง 3.1 GHz ถึง 10.6 GHz และใช้กำลังงานต่ำ บนมาตรฐาน IEEE802.15.3a หรือ WPAN ดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบสเปกตรัมระหว่างแถบกว้างยิ่งและแถบความถี่อื่น ๆ

เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งจึงเหมาะสมสำหรับการนำไปพัฒนาระบบไร้สายแบบแถบกว้างทั้งในปัจจุบัน และอนาคต สามารถประยุกต์ใช้ในระบบสื่อสารต่าง ๆ ได้มากมาย ซึ่งเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งนี้เป็นเทคโนโลยี ที่ถูกพัฒนามาจากระบบเรดาร์ที่ใช้ในด้านทางการทหาร และได้เล็งเห็นถึงประโยชน์มหาศาลที่สามารถออกแบบมาใช้ ในระบบไร้สายที่ต้องการความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสำหรับพลเรือน จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งนี้ มีการรับส่งข้อมูลด้วยสัญญาณพัลส์ที่แคบมากเป็น ns ซึ่งพัลส์ที่มีช่วงเวลาแคบๆ จะมีสเปกตรัมที่กว้างมาก จึงทำให้ เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งนี้มีราคาถูกลง เนื่องจากอุปกรณ์ภาครับและภาคการรับส่งสัญญาณแบบอิมพัลส์ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ขนาดเล็ก ทำให้ใช้กำลังงานต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการสื่อสารแบบแถบแคบที่ใช้กันอยู่ อีกประการหนึ่งสัญญาณแบบแถบกว้างยิ่งจะมีสัดส่วนของแบนวิดท์ในการส่งมากกว่าหรือเท่ากับ 20 % ของแถบความถี่กลาง หรือมีการใช้แถบความถี่มากกว่าหรือเท่ากับ 500 MHz ซึ่งจะเห็นว่ามีสัดส่วนมากกว่าแถบความถี่ของระบบการสื่อสารไร้สายที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาก ซึ่งอยู่บนสัดส่วนแบนด์วิดท์ B_f ของสัญญาณ ซึ่งสามารถกำหนดได้ดังสมการที่ 2.1

$$B_f = \frac{BW}{f_c} = 2\,\frac{f_H - f_L}{f_H + f_L} \qquad (2.1)$$

ซึ่ง f_H คือความถี่สูงสุดและ f_L คือความถี่ต่ำสุดของแถบความถี่ที่ใช้งานในระบบแถบกว้างยิ่ง จากคุณสมบัติต่างๆ ของเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งที่ได้กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าเหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ใช้งานในลักษณะของโครงข่ายพื้นที่ส่วนบุคคลแบบไร้สาย (Wireless personal area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

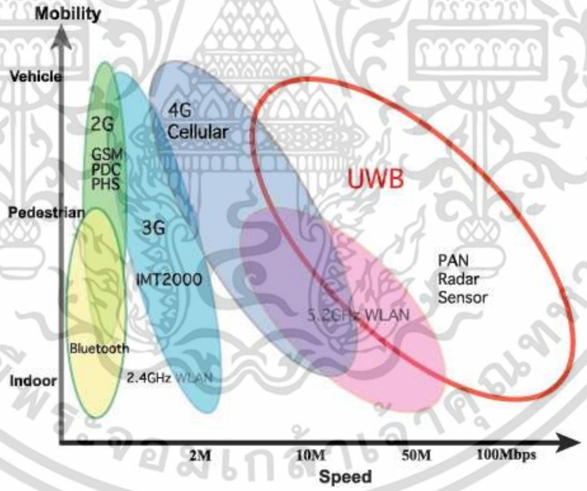
networks; WPANs) การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างๆในการรับส่งข้อมูลที่เป็นมัลติมีเดีย ที่มีขนาดของข้อมูลที่ใหญ่ ต้องการความเร็วสูงในการรับส่ง เช่น การติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ กล้องวีดีโอ กล้องถ่ายรูป เครื่องสแกนเนอร์ [10] เป็นต้น เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งก็มีคุณสมบัติและสามารถรองรับความต้องการดังกล่าวได้มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูง ใช้ในระยะทางสั้นที่ระยะทาง 10 เมตรจะมีความเร็ว 110 Mb/s และมีอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้นในระยะทางที่สั้นลง โดยที่ระยะทาง 2 เมตรจะมีความเร็วสูงถึง 480 Mb/s [11] ความจุของช่องสัญญาณหรืออัตราข้อมูลต่อบิตสูง ดังแสดงการเปรียบเทียบให้ในรูปที่ 2 ซึ่งขนาดความจุที่มากของเทคโนโลยีแบบแถบกว้างยิ่งสามารถพิจารณาได้จากทฤษฎีของ Hartley-Shannon ดังสมการที่ 2.2

$$C_c = BW\log_2(1 + SNR) \tag{2.2}$$

เมื่อ C_c คือค่าความจุช่องสัญญาณสูงสุด

BW คือแบนด์วิดท์

SNR คืออัตราส่วนสัญญาณกำลังงานต่อสัญญาณรบกวนกำลังงาน



รูปที่ 2.6 เปรียบเทียบความถี่ระหว่างแถบกว้างยิ่งและแถบความถี่อื่น ๆ

2.13 ประวัติและความเป็นมาเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง

เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง มีประวัติความเป็นมาที่ยาวนานตั้งแต่สมัยที่ Marconi ได้สาธิตการทดลอง โดยใช้ Spark gap ในการรับ-ส่งสัญญาณส่งสัญญาณวิทยุอิมพัลส์ (Impulse radio) ข้ามมหาสมุทรแอตแลนติก ในปี 1901 ต่อมาในปี ค.ศ. 1962 ได้ประดิษฐ์เครื่องส่งวิทยุแถบกว้างยิ่งโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้หลักการส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโดเมนทางเวลา และได้ถูกนำไปใช้ในการส่งสัญญาณในโครงข่ายไมโครเวฟในปี ค.ศ. 1963-1966 ซึ่งมีการแนวทางในการพัฒนาว่าต้องมีรูปแบบที่ง่ายและไม่ซับซ้ อน โดยใช้คุณลักษณะของการตอบสนองความถี่ เช่น ขนาดของสัญญาณ และเฟส ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของผลตอบสนองของสัญญาณจากฟังก์ชั่นในการส่งผ่านสัญญาณของช่องสัญญาณได้

อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์สัญญาณนั้นได้ใช้เครื่อง ออสซิลโลสโคปในการสุ่มค่าของสัญญาณเพื่อมาทำการวิเคราะห์และพัฒนาโครงข่ายในระบบไมโครเวฟ และรูปแบบของสัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่านโดยการวิเคราะห์และการวัดสัญญาณ [12]

เทคนิคในการวัดสัญญาณนั้นแรกเริ่มได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับแถบความถี่กว้างในปี ค.ศ. 1968 ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาสัญญาณที่มีขนาดแคบได้อย่างรวดเร็ว และได้ถูกนำไปใช้ในการส่งสัญญาณติดต่อสื่อสารแบบ เรดาร์ ในปี ค.ศ. 1972 และในปีต่อมาเครื่องออสซิลโลสโคป ที่ใช้การวิเคราะห์ ความถี่ที่สูงขึ้นก็ได้ถูกสร้างขึ้น จึงทำให้มีการกำหนดแถบความถี่กว้างยิ่งในปี ค.ศ.1973 ต่อมาในปี ค.ศ.1980 นั้นก็ได้มีการกำหนดให้ เทคโนโลยี แถบความถี่กว้างยิ่งนี้ไม่จำเป็นต้องใช้คลื่นพาหะ ในการส่งสัญญาณเหมือนอย่างแถบความถี่กว้างอีกต่อไป และเป็นจุดที่แตกต่างจากการส่งคลื่นวิทยุแบบอื่นที่มีมาก่อนหน้านั้น และต่อมาได้ถูกพัฒนาในประเทศสหรัฐอเมริกาต่อในปี ค.ศ. 1989

ในช่วงเวลาเกือบ 30 ปี ทฤษฎีของแถบความถี่กว้างยิ่งได้ถูกพัฒนาทั้งด้านเทคนิคและอุปกรณ์ ตัวอย่าง เช่น ในปี ค.ศ.1989 ได้มีการจดสิทธิบัตรมากกว่า 50 ชิ้น เกี่ยวกับการสร้างสัญญาณแถบความถี่กว้างยิ่งและวิธีในการรับส่งสัญญาณ และการนำแถบความถี่กว้างยิ่งได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานหลากหลายรูปแบบ เช่น ในการติดต่อสื่อสารในระบบเรดาร์การป้องกันการชนกันของคลื่นมือถือ, ระบบบอกพิกัดและตรวจวัดระดับของเหลว โดยใช้คุณลักษณะของแถบถี่กว้างยิ่ง

โดยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 เทคโนโลยี แถบความถี่กว้างยิ่งได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในระบบการติดต่อสื่อสารอย่างรวดเร็วโดยรัฐบาลสหรัฐอเมริกา จนปี ค.ศ. 1998 ได้มีการเริ่มพิจารณามาตรฐานและข้อกำหนด และในปี ค.ศ. 2002 ได้มีการประกาศใช้ข้อกำหนดแถบความถี่กว้างยิ่ง และได้จัดการประชุมวิชาการระดับนานาชาติครั้งแรก

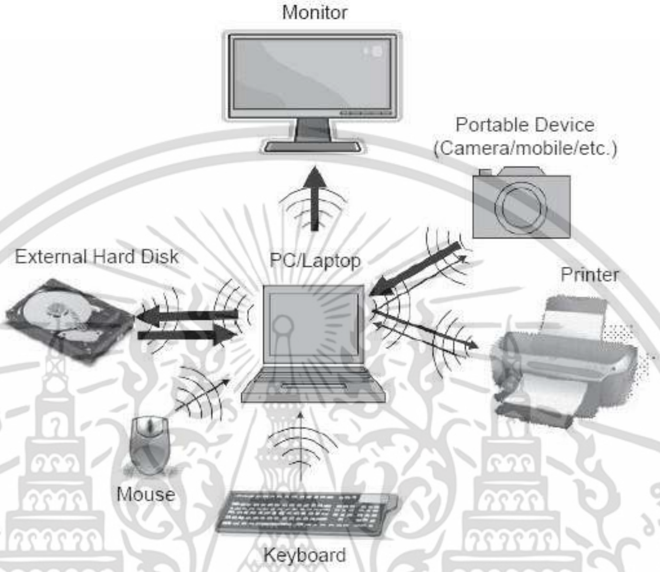
2.14 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง Ultra-wideband technology applications)

เทคโนโลยีแบบแถบกว้างยิ่งถูกนำมาใช้ในระบบการสื่อสารระยะสั้นระหว่างคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่อยู่ภายในอาคารสำนักงาน และโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย ที่มีความต้องการความเร็วสูง ซึ่งสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากสายอากาศนั้นอาจจะถูกลดทอนกำลังงาน (Power attenuation) โดยปัจจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่าง ๆ เช่น ถูกลดทอนโดยผนังหรือกำแพงของอาคาร จากวัสดุอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของสัญญาณที่ทางด้านเครื่องรับ เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบยกตัวอย่างเช่น [13]

- การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน (Offices network)



รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์โครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน

- การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย (Ohm network)

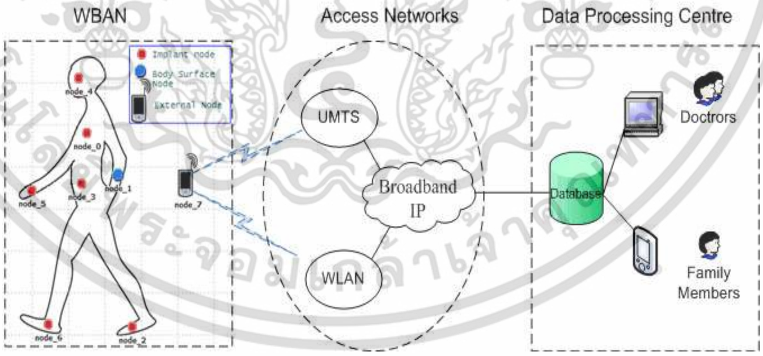
ในรูปที่ 2.8 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของโครงข่ายสภาวะแวดล้อมภายในบ้านพักอาศัย จะมีลักษณะการนำไปใช้ติดต่อสื่อสารภายในอาคารซึ่งมักจะมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อช่องสัญญาณในการสื่อสาร เช่น กำแพง ประตู อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ผนัง สิ่งกีดขวางต่าง ๆ ซึ่งสิ่งกีดขวางแต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่ไม่เหมือนกัน คุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลกระทบอย่างสูงทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านมีลักษณะแตกต่างกัน สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งมีแนวทางการศึกษาวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในอาคารโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย

- การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์ (Body area network)

รูปที่ 2.9 เป็นลักษณะการใช้งานในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์โครงข่ายบนร่างกายมนุษย์ไปยังเครื่องมือวัด อาจจะมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อการสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริงได้ และจากร่างกายมนุษย์ อย่างไรก็ตามแนวทางการหาพารามิเตอร์ และการวิเคราะห์ต่าง ๆ ได้

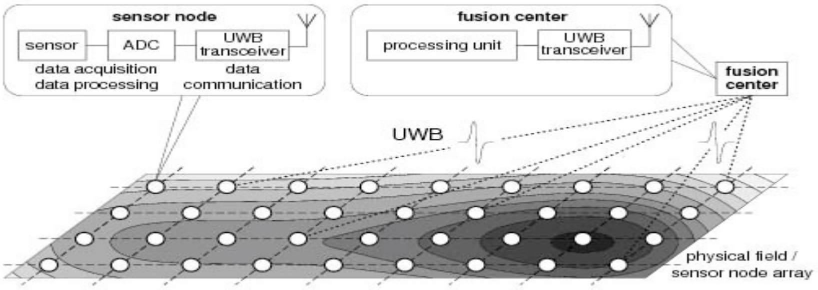


รูปที่ 2.9 การเชื่อมต่อโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์

- การประยุกต์ใช้งานการหาตำแหน่ง (UWB localization)

รูปที่ 2.10 เป็นลักษณะการใช้งานในการหาตำแหน่งโดยพิจารณาจากการสูญเสียเชิงวิถี และเวลาประวิง แต่อาจจะมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อการสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริงได้ทำให้เกิดการผิดพลาดในการหาพิจารณาตำแหน่งได้ [14]

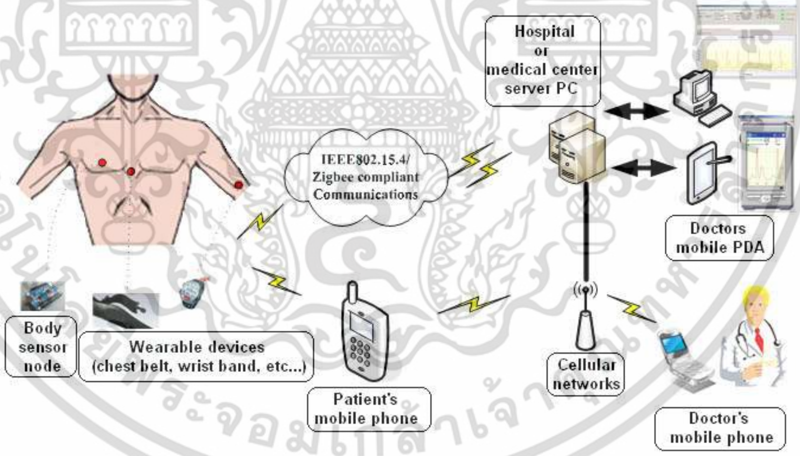
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การหาตำแหน่งโดยใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง

- การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายไร้สายทางด้านการแพทย์ (Wireless medical network)

รูปที่ 2.11 เป็นลักษณะการใช้งานในโครงข่ายทางการแพทย์แบบไร้สายโดยพิจารณาจากผลกระทบจากร่างกายมนุษย์ทำให้คุณลักษณะจำเพาะของอุปกรณ์หรือเครื่องวัดทางการแพทย์เปลี่ยนไปและการเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่าย ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริงได้ทำให้เกิดการผิดพลาดได้ อย่างไรก็ตามควรหาวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบต่าง ๆ ได้



รูปที่ 2.11 การประยุกต์เอาเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งไปใช้ในด้านการแพทย์ [15]

2.15 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

Permittivity หรือค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant, ε) เป็นสมบัติทางไฟฟ้า (electrical properties) ของวัสดุ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความมีขั้ว (polarity) ของวัสดุที่อุณหภูมิใดๆ

Permittivity สัมพัทธ์ หมายถึงอัตราส่วนของการอนุญาตจริงหรือสัมบูรณ์ของตัวกลางต่อการดูดซึมสัมบูรณ์ของสุญญากาศ ถ้าความเฉื่อยชาของตัวกลางอยู่ที่ ε

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} \tag{2.3}$$

อัตราส่วนนี้คือ 1.0006 สำหรับอากาศ นั่นหมายถึงการอนุญาติของอากาศคือ 1.0006

$$\varepsilon_r(air) = \frac{\varepsilon_{air}}{\varepsilon_o} = 1.0006 \tag{2.4}$$

แรงสถิตกระทำระหว่างใกล้เคียงร่างกายที่มีประจุไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความเปราะบางของตัวกลาง ดังนั้นการอนุญาตให้ญาติของสื่อใด ๆ ถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนของแรงที่กระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียงกับสุญญากาศต่อแรงที่กระทำระหว่างวัตถุเดียวกันที่แยกจากกันด้วยระยะห่างเดียวกัน

$$\varepsilon_r = \frac{F_{vacuum}}{F_{medium}}$$

$$= \frac{\text{Force acting between nearby electrically charged bodies in vacuum}}{\text{Force acting between the same bodies separated by the same distance in the medium}} \tag{2.5}$$

สมการความเร็วของคลื่น

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} \approx \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} \tag{2.6}$$

จากสมการแสดงให้เห็นถึงความเร็วนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ถ้าหากคลื่นวิ่งผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะทำให้ความเร็วของคลื่นต่างกัน

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

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสำหรับองค์ประกอบของเต้านม

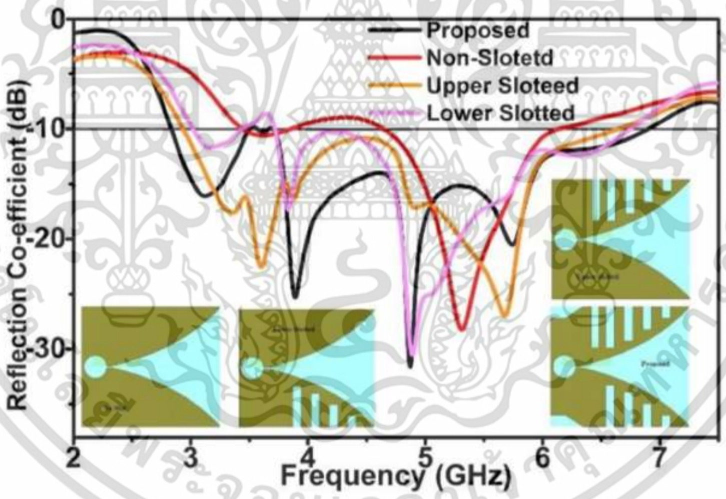
2.16 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนด้วย Network Analyzer

เนื่องจากการกำหนดแรงดันและกระแสที่เกิดขึ้นในสาย (Line) ในย่านความถี่ไมโครเวฟที่ไม่ใช่โหมด TEM เพื่อนำมาคำนวณหาคุณสมบัติต่างๆ ของอุปกรณ์ในทางปฏิบัตินั้นจะกระทำได้ไม่ง่าย จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องทำการวัดขนาด (Magnitude) และเฟสของคลื่นที่เดินทางไปในทิศทางที่กำหนดให้โดยตรง (หรือขนาดและเฟสของ Standing Wave) ดังนั้นในย่านความถี่ไมโครเวฟจึงมีการกำหนดให้พิจารณาในรูปของคลื่นพุ่งกระทบ (Incident Wave) คลื่นสะท้อนกลับ (Reflected Wave) และคลื่นส่งผ่าน (Transmitted Wave) ที่เดินทางผ่านเข้าออกอุปกรณ์หรือโครงข่ายที่มีจำนวน N พอร์ต ในรูปแบบของเมตริกซ์การกระจัดกระจาย (Scattering Matrix) จึงมีจำนวนของ S-parameter ตั้งแต่ S11 จนถึง SNN เช่น ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่มี 2 พอร์ต ก็จะมี S-parameter จำนวน 4 ตัว ได้แก่ S11, S12, S21 และ S22

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



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

2.18.1 Pulse Pattern Generator MP1761B

รูปที่ 2.13 Pulse Pattern Generator MP1761B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18.2 Tektronix TDS Digital Phosphor Oscilloscope.

รูปที่ 2.14 Tektronix TDS Digital Phosphor Osillascope.

Product Identifiers

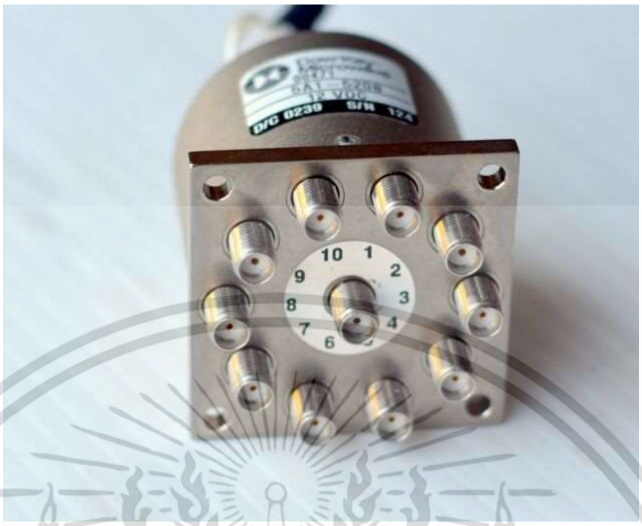
Brand	Tektronix
MPN	TDS7404B
eBay Product ID	(ePID)1034974404

Product Key Features

Maximum Real-Time Sampling Rate	20 GSa/s
Model	TDS7404B
Maximum Bandwidth	4 GHz
Oscilloscope Type	Digital Oscilloscope
Installed Options	5M JIT USB2 COMM PWR ETH CAN LIN
Digital Oscilloscope Resolution	12-bit, 8-bit
Number of Channels	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18.3 Downkey RF selector switch 1 in 10 out.



รูปที่ 2.15 Downkey RF selector switch 1 in 10 out.

Product Series	591-5A1 Normally Open
Operating Temperature	-25Celsius to +65Celsius
Mechanical Life(Cold-Switch)	1,000,000
Switching Time	20 ms
Coil Voltage	12 Vdc
Rf Direction	Bidirectional
Connector	SMA
Rf Contacts	Break Before Make
Impedance	50 Ohm
Frequency	DC-18 GHz
Output	10
Input	1
Switch Type	SPnT Multiposition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18.4 Arduino MEGA 2560

Arduino คือโครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไลบารี่ของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายๆรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมาก เป็นเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี

รูปที่ 2.16 Arduino MEGA 2560

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Analog Input Pins	16
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18.5 รีเลย์โมดูล (Relay Module)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนประกอบของรีเลย์

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

รูปที่ 2.17 รีเลย์โมดูล (Relay Module)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

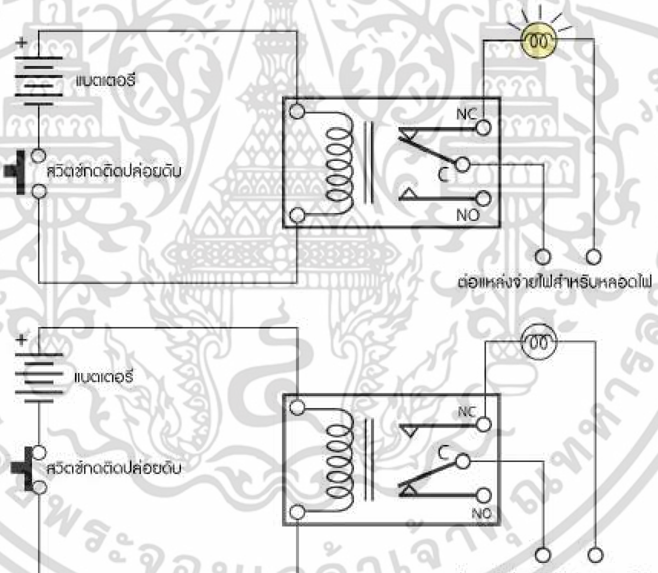
บอร์ดรีเลย์ 12 โวลต์ แบบแยกอิสระ 8 ช่อง พร้อมไฟ LED แสดงผลการทำงาน โมดูลนี้สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Active High โดยเมื่อป้อนไฟ 12V ให้บอร์ดรีเลย์จะทำงาน หรือแบบ Active Low โดยเซตได้ที่จัมเปอร์ของรีเลย์แต่ละช่อง ช่องต่อแบบ terminal สามารถต่อสายไฟได้สะดวก

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน

1. จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติดปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

2. จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน

3. จุดต่อ C ย่อมากจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.18 โครงสร้างภายในรีเลย์

2.18 ปัญญาประดิษฐ์

คำว่า ปัญญาประดิษฐ์เริ่มมีการใช้ในปี 1956 แต่ได้รับความนิยมยิ่งขึ้นในปัจจุบันเนื่องด้วยปริมาณข้อมูลที่เพิ่มขึ้น อัลกอริธึมที่มีความก้าวหน้า และการพัฒนาในศักยภาพของการคำนวณและการจัดเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิจัยเกี่ยวกับ AI ในยุคต้นปี 1950 จะเป็นการค้นคว้าเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาและรูปแบบสัญลักษณ์ ต่อมาในยุคปี 1960 กระทรวงกลาโหมของสหรัฐฯ ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับ AI และเริ่มต้นฝึกฝนคอมพิวเตอร์ เพื่อเลียนแบบกระบวนการความคิดเป็นเหตุเป็นผลของมนุษย์ ดังเห็นได้จาก สำนักโครงการวิจัยขั้นสูงด้านกลาโหม หรือ DARPA ได้ดำเนินโครงการการแมปถนนในยุคปี 1970 นอกจากนี้ DARPA ยังได้สร้างระบบสั่งงานด้วยเสียง (intelligent personal assistant) ในปี 2003 เป็นเวลานานก่อนที่ Siri Alexa หรือ Cortana จะได้รับการคิดค้น

งานวิจัยในช่วงยุคแรกนี้เองที่ช่วยปูทางให้แก่เครื่องจักรอัตโนมัติและระบบการให้เหตุผลแบบแพร่หลาย ดังเช่นที่เราเห็นในคอมพิวเตอร์ทุกวันนี้ ซึ่งรวมถึงระบบการสนับสนุนการตัดสินใจและระบบการค้นหาอัจฉริยะที่ได้รับการออกแบบให้เติมเต็มและเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถของมนุษย์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ในขณะที่ภาพยนตร์ฮอลลีวูดและนิยายไซไฟบรรยาย AI เปรียบเสมือนหุ่นยนต์เลียนแบบมนุษย์ที่ยึดครองโลก ทว่าวิวัฒนาการเทคโนโลยีของ AI ในทุกวันนี้ไม่ได้น่ากลัวเช่นนั้น แต่ค่อนข้างจะฉลาดเป็นกรดเลยต่างหาก โดย AI ได้รับการพัฒนาให้เกิดประโยชน์เฉพาะด้านมากมายในทุกอุตสาหกรรม ซึ่งคุณสามารถอ่านตัวอย่างอันทันสมัยของปัญญาประดิษฐ์เพิ่มเติมได้ในธุรกิจเกี่ยวกับสุขภาพ ค้าปลีกและอื่น ๆ อีกมากมาย

รูปที่ 2.19 ปัญญาประดิษฐ์

ยุค 1950 - 1970	**ยุค 1980 - 2010**	**ปัจจุบัน**
โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) การพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมเกี่ยวกับ "เครื่องจักรที่มีความคิด"	การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) การเรียนรู้ของเครื่องกลายเป็นที่นิยมแพร่หลาย	การเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) การค้นพบอันยิ่งใหญ่ของการเรียนรู้เชิงลึก ช่วยผลักดันให้ AI รุดหน้าอย่างก้าวกระโดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19 ความสามารถของปัญญาประดิษฐ์

AI ทำงานโดยรวบรวมข้อมูลปริมาณมหาศาลด้วยความเร็ว ประมวลผลซ้ำ ๆ ผ่านขั้นตอนการประมวลผลที่ชาญฉลาด อันช่วยให้ซอฟต์แวร์สามารถเรียนรู้จากรูปแบบและลักษณะของข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ AI เป็นแขนงของการศึกษาที่กว้างขวาง อันประกอบไปด้วย ทฤษฎีมากมาย วิธีการและเทคโนโลยี รวมถึงแขนงย่อยหลัก ๆ อันได้แก่:

1. การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ในการสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ โดยใช้วิธีการจากโครงข่ายประสาทเทียม สถิติ การวิจัยดำเนินการ (operations research) และหลักฟิสิกส์ในการค้นหาข้อมูลเชิงลึกที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมในการค้นหา

2. โครงข่ายประสาทเทียม คือหนึ่งในระบบการเรียนรู้ของเครื่อง โดยใช้การเชื่อมโยงระหว่างยูนิต (เหมือนกับเซลล์ประสาท) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล โดยการตอบสนองต่อข้อมูลภายนอก ถ่ายทอดข้อมูลซึ่งกันและกันระหว่างแต่ละยูนิต การประมวลผลจำเป็นต้องใช้ทางผ่านข้อมูลหลายทาง เพื่อค้นหาความเชื่อมโยงและถ่ายทอดความหมายจากข้อมูลที่ไม่ชัดเจนเหล่านั้น

3. การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ใช้โครงข่ายประสาทเทียมขนาดใหญ่ที่มีหน่วยประมวลผลหลายชั้น โดยอาศัยประโยชน์จากความก้าวหน้าในศักยภาพของคอมพิวเตอร์และเทคนิคในการเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลปริมาณมหาศาลที่มีความซับซ้อนที่ได้รับการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นแล้ว แอปพลิเคชันแบบทั่วไปนั้นหมายถึงการจดจำภาพและคำพูด

4. ระบบการประมวลผลข้อมูลที่มีการเรียนรู้ (Cognitive computing) เป็นแขนงย่อยหนึ่งของ AI ที่พยายามแสดงปฏิสัมพันธ์ให้เสมือนมนุษย์ผ่านเครื่องจักรกล การใช้ AI และการประมวลผลหน่วยความจำ มีเป้าหมายสูงสุดคือ การใช้เครื่องจักรกลในการเลียนแบบกระบวนการของมนุษย์ผ่านความสามารถในการตีความภาพและคำพูด และตอบสนองโดยทันที

5. การประมวลผลภาพ (computer vision) ใช้การจดจำรูปแบบและการเรียนรู้เชิงลึกในการจดจำสิ่งที่อยู่ในภาพหรือวิดีโอ เมื่อเครื่องจักรกลสามารถประมวลผล วิเคราะห์และเข้าใจรูปภาพ มันจะสามารถจับภาพหรือวิดีโอได้แบบเรียลไทม์และตีความสภาพแวดล้อมได้

6. การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (natural language processing หรือ NLP) คือความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ ทำความเข้าใจและสร้างภาษามนุษย์ ซึ่งรวมถึงคำพูดด้วย ขั้นถัดไปของ NLP คือ การโต้ตอบด้วยภาษาธรรมชาติ ซึ่งช่วยให้มนุษย์สามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ได้โดยใช้ภาษาเพื่อดำเนินการงานต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ยังมีหลายเทคโนโลยีที่ช่วยและส่งเสริมประสิทธิภาพของ AI เทคโนโลยีเหล่านั้นได้แก่ หน่วยประมวลผลกราฟฟิก เป็นกุญแจสำคัญของ AI เนื่องจากหน่วยประมวลผลจะช่วยเพิ่มพลังในการคำนวณอันจำเป็นต่อกระบวนการประมวลผลซ้ำไปมา การฝึกอบรมโครงข่ายประสาทจำเป็นต้องใช้ข้อมูลบิ๊กดาต้าและพลังงานในการคิดคำนวณ

Internet of Things ก่อให้เกิดปริมาณข้อมูลมหาศาลจากอุปกรณ์ที่เชื่อมโยงอยู่ ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่มักไม่ผ่านการวิเคราะห์ แบบจำลองอัตโนมัติที่ใช้ AI จะช่วยให้เราใช้ประโยชน์จากแบบจำลองได้อย่างเต็มที่

อัลกอริธึมขั้นสูง กำลังได้รับการพัฒนาและผนวกรวมเป็นวิธีใหม่เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวดเร็วกว่าและได้หลายระดับข้อมูล กระบวนการอันชาญฉลาดนี้คือ กุญแจสำคัญในการระบุและพยากรณ์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ยาก ทำความเข้าใจระบบที่ซับซ้อนและปรับเพื่อให้ได้มาซึ่งสถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุด

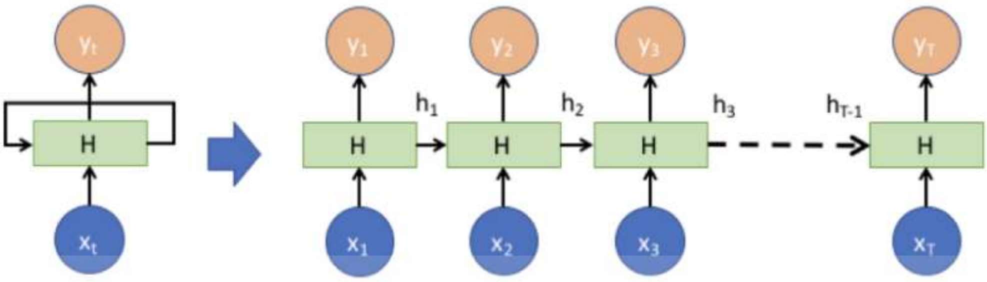
APIs หรือแอปพลิเคชันประมวลผลอินเตอร์เฟส เป็นแพคเกจของโค้ดคำสั่งที่สามารถพกพาได้ ช่วยให้การเพิ่มเติมฟังก์ชันการทำงานของ AI ไปยังผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้วและแพคเกจซอฟต์แวร์สามารถเป็นไปได้ โดยมันสามารถเพิ่มความสามารถในการจดจำภาพ เพื่อจัดทำระบบความปลอดภัยและการตอบคำถาม Q&A ซึ่งสามารถอธิบายข้อมูล สร้างแคปชั่นและหัวเรื่อง หรือค้นหารูปแบบข้อมูลและเนื้อหาที่น่าสนใจได้

โดยสรุป เป้าหมายของ AI คือการมอบซอฟต์แวร์ที่สามารถหาคำตอบด้วยการคิดหาเหตุผลจากอินพุตที่ใส่เข้าไปและอธิบายคำตอบนั้นผ่านการแสดงผล AI จะแสดงปฏิสัมพันธ์เสมือนมนุษย์ผ่านซอฟต์แวร์และมอบเหตุผลสนับสนุนการตัดสินใจในงานเฉพาะ หากแต่ AI ไม่ใช่สิ่งที่จะมาแทนที่มนุษย์และจะไม่เป็นเช่นนั้นในระยะเวลาอันใกล้

2.20 Recurrent Neural Network (RNN)

RNN การใช้งานหลักๆคือเพื่อจะใช้งานกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นลำดับ (sequence) เช่น video (sequence of images) หรือ text (sequence of words) ทีนี้เพื่อที่ให้เข้าใจภาพการทำงานของ RNN ขอยกตัวอย่างการทำ sequential data โดยขอเทียบกับการอ่านหนังสือของคน ว่าการอ่านหนังสือมันเป็น sequential data อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 รูปบล๊อกไดอะแกรมของ RNN

โดยที่

H = hidden layer　　　　*yt* = output จาก RNN ที่เวลา *t*

xt = input data ที่เวลา *t*　　　　*ht* = hidden state ที่เวลา *t*

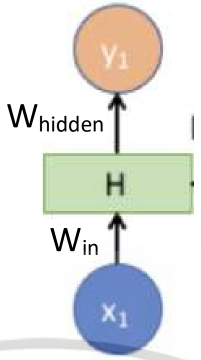
มันคือลำดับของคำที่ต่อๆ กัน (sequence of words) เวลานั่งอ่านหนังสือก็จะอ่านทีละคำๆ จากซ้ายไปขวา การที่เราสามารถรู้เรื่องได้ว่าประโยคที่เรากำลังอ่านนั้นเกี่ยวกับอะไร เราก็เอาเรื่องราวจากสิ่งที่เราอ่านผ่านไปแล้ว (เรียกว่า hidden state หรือ state ก่อนหน้า) มาผสมกับคำที่เราเพิ่งจะอ่านไป (input data หรือ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

จากรูปที่ 2.20 ทางซ้ายแสดงให้เห็นว่ามี loop ที่วนกลับเข้ามาที่ hidden layer ของ Neural Network สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งของ RNN คือ hidden state ก่อนหน้า และ input data ตอนนั้น ประโยชน์หลักๆ ของ loop อันนี้ก็เพื่อที่จะนำ hidden state ก่อนหน้ากลับเข้ามาใช้ (หรือเราอาจจะมองว่า RNN มันก็คือ Neural Network ที่มี memory เพิ่มขึ้นมา เพื่อเก็บค่า hidden state ที่ได้คำนวณเอาไว้ก่อนหน้า) ส่วนในรูปที่ 1 ทางขวาเป็นรูปที่คลี่รูปทางซ้ายออกมาแล้วเพื่อแสดงการทำงานเป็นทีละขั้นตอน (ทั้งหมดเป็นการแสดง RNN ตัวเดียวกันหมด แต่ว่าแสดงความเป็น sequence ออกมา)

สมการของ Recurrent Neural Network เมื่อเวลาเริ่มต้น

$$h(t) = x(t)W_{in} + b \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

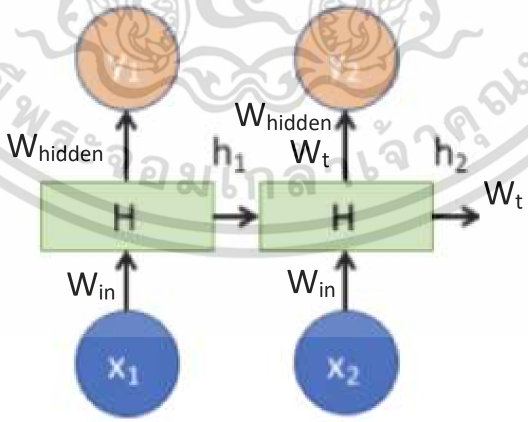


รูปที่ 2.21 บล๊อกไดอะแกรมชั้นแรกของ RNN

ในการคำนวณ h(t) ชั้นแรกสุดหรือ t = 1 จะเริ่มจาก input ตัวที่ 1 ซึ่งจะมีขนาด [m,n] และขนาดของ W_{in} จะมีขนาดเป็น [n,a] หลังจากนั้นบวกด้วย bias ที่มีขนาด [1,a] จะได้ผลลัพท์ที่มีขนาด [m,a] ซึ่งเราจะนำผลลัพท์นี้ไปใส่ใน 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

$$h(t) = x(t)W_{in} + h(t-1)W_t + b \tag{2.8}$$

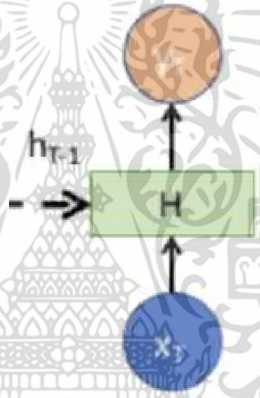


รูปที่ 2.22 บล็อคไดอะแกรมเมื่อส่งข้อมูลไปหา hidden state ถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาจะเป็นการคำนวณที่ t >1 จะเห็นว่าการที่จะคำนวณ hidden state ที่เวลา *t* ที่ต่อไปนั้นออกมาได้นั้น h(t) ก็จะต้องใช้ 2 ตัวแปรสำคัญคือ hidden state ก่อนหน้า (*ht-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] จะได้ผลลัพท์ที่มีขนาด [m,x] ซึ่งเราจะนำผลลัพท์นี้ไปใส่ใน Activation function tanh เพื่อแปลงค่าจากกระบวนการนี้ และ output ที่ได้ออกมาอาจจะนำไปเข้าเป็น input ในชั้นต่อไปก็ได้ หรือจะนำไปเป็นผลลัพธ์เพื่อนำไปใช้งานเลย

สมการของ Recurrent Neural Network เมื่อเวลาสุดท้าย



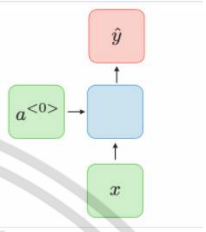
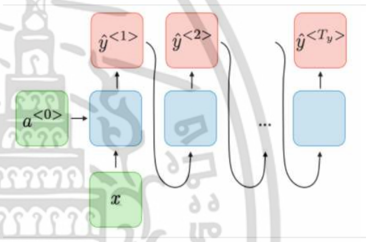
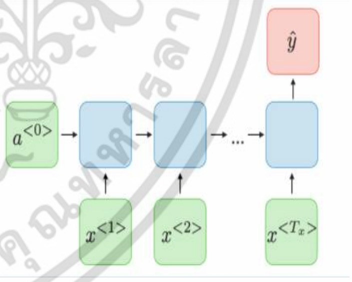
รูปที่ 2.23 บล็อคไดอะแกรมชั้นสุดท้าย

ต่อมาจะเป็นการคำนวณที่ t สุดท้าย จะเห็นว่าการที่จะคำนวณ hidden state ที่เวลา *t* สุดท้ายนั้นออกมาได้ h(t) ก็จะต้องใช้ 2 ตัวแปรสำคัญคือ hidden state ก่อนหน้า (*ht-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,จำนวณ class] และค่าจาก hidden stage ก่อนหน้านี้ที่มีขนาด [m,x] ซึ่งถูกคูณด้วย W_t ที่มีขนาด [a,จำนวณ class] จะได้ผลลัพท์ที่มีขนาดจะได้ผลลัพท์ที่มีขนาด [m,จำนวณ class] ซึ่งเราจะนำผลลัพท์นี้ไปใส่ใน Activation function softmax เพื่อแปลงค่าจากกระบวนการนี้เป็นค่าที่เรากำหนดเอาไว้เป็นค่าผลลัพธ์ที่เราจะในไปใช้งาน

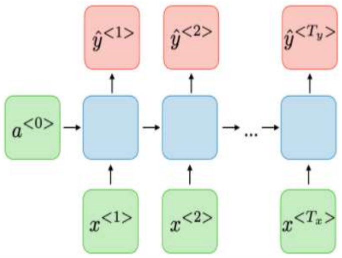
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.21.1 การประยุกต์ใช้ RNN

ตารางที่ 2.2 รูปแบบของ RNN

ประเภทของ RNN	ภาพประกอบ
One – to - one	
One – to - many	
Many – to - one	

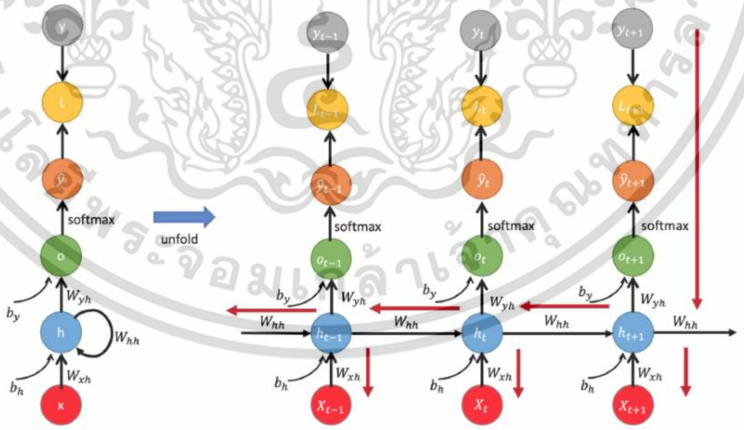
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Many – to - many	

2.21.2 Backpropagation through time

Backpropagation คือ วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณอนุพันธ์และการประยุกต์ใช้กฎลูกโซ่อนุพันธ์ เพื่อที่จะให้อัลกอริทึมของเราพัฒนาค่าปรับปรุงค่า weight ในโครงข่ายต่างๆของเรา เพื่อที่จะลดข้อผิดพลาดของอัลกอริทึมให้น้อยที่สุด

Backpropagation through time หลักการคล้ายการทำงานของ backpropagation แต่เป็นการคำนวณผลลัพธ์ข้อผิดพลาดทุกผลลัพธ์แบบสะสมในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะต่างจาก backpropagation ที่คิดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งแค่เวลาเดียว



รูปที่ 2.24 บล๊อกไดอะแกรมของ Backpropagation through time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

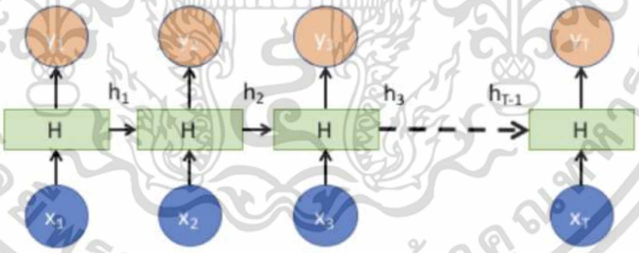
y คือ ค่าผลัพธ์ที่ถูกกำหนดเอาไว้

วิธีการ Backpropagation through time

1. ทำการ train และ propagate ผ่านโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อนให้ได้ผลลัพธ์ค่าๆหนึ่งออกมา
2. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่คาดการณ์ไว้กับผลลัพธ์ที่คาดไว้และคำนวณข้อผิดพลาด
3. คำนวณอนุพันธ์ของข้อผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักเครือข่าย
4. ปรับน้ำหนักเพื่อลดข้อผิดพลาด
5. ทำซ้ำ

ในการทำกระบวนการนี้ถ้าหากเรามีลำดับที่ยาวเกินไปจะเห็นว่าค่าของ weight จะมีการปรับจากขวาไปซ้ายและบนไปล่างจะทำให้ข้อมูลในช่วงแรกอาจจะมีข้อผิดพลาดได้จากอัลกอริทึมนี้ โดยที่ค่า weight ของเรานั้นอาจจะมีค่ามากเกินไปหรือน้อยมากเกินไปก็ได้

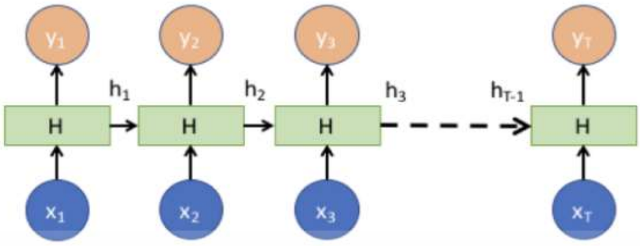
2.21.3 Vanishing/Exploding Gradients ใน RNN



รูปที่ 2.25 ขนาดของ weight เมื่อเกิด Exploding Gradients

Vanishing Gradient Problem คือ ปัญหาที่เกิดในบางเคส เราพบว่าในระหว่างการเทรน Gradient มีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ จนเท่ากับ 0 ทำให้ Weight ไม่ถูกอัพเดทอีกต่อไป ทำให้โมเดลเทรนต่อไม่ได้ ตัวอย่างจากรูปที่ 2.25 ถ้าเรามีขนาดลำดับข้อมูลที่ยาวมากและค่า weight มีค่าน้อยตั้งแต่ทางขวาสุดแล้วจะทำให้อัลกอริทึมของเราจะสนใจแค่ข้อมูลที่ถูกส่งเข้ามาเฉพาะช่วงท้ายๆเท่านั้นเพราะค่า weight มีการปรับอยู่ตลอด แต่ข้อมูลในช่วงแรกๆอาจจะไม่มีการปรับเลยเนื่องจากค่า weight ที่ถูกส่งต่อมามีขนาดเล็กเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



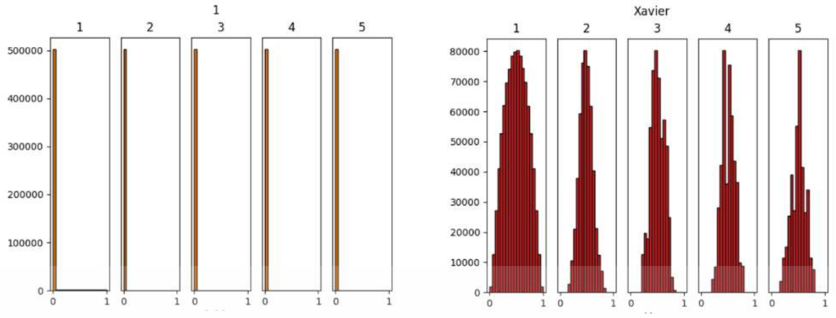
รูปที่ 2.26 ขนาดของ weight เมื่อเกิด Vanishing Gradients

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

2.21.4 การแก้ปัญหา Vanishing Gradient Problem และ Exploding Gradient Problem

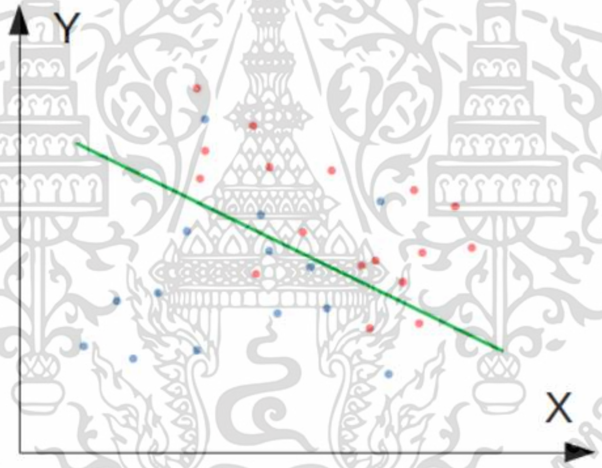
เราสามารถแก้ปัญหา Vanishing Gradient Problem และ Exploding Gradient Problem โดยใช้ weight initialization ที่มีชื่อว่า Xavier initialization หรือ Glorot initialization เริ่มต้นจากสาเหตุที่ไม่กำหนดให้เป็น 0 ทั้งหมดเหมือนตอนที่ทำเพอร์เซปตรอนชั้นเดียวก็คือ เนื่องจากเราต้องการให้เซลล์ประสาทแต่ละตัวมีการทำหน้าที่ต่างกันไป ดังนั้นมันจะต้องมีความแตกต่างกัน ยิ่งมากยิ่งดี แต่หากกำหนดน้ำหนักเริ่มต้นทุกตัวเป็น 0 หมดเท่ากับว่าทุกเซลล์จะมีการคำนวณที่เหมือนกันหมดตั้งแต่แรก พอเวลาปรับค่าน้ำหนักก็จะถูกปรับไปในทิศทางเดียวกันหมด เมื่อทุกตัวเหมือนกัน การมีเซลล์ประสาทหลายตัวก็ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อะไร นี่คือเหตุผลที่จะให้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นเป็น 0 ไม่ได้ โดยค่า weight ที่ได้จาก Xavier initialization จะมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 รูปกราฟทางซ้ายแสดงถึงค่า weight เริ่มต้นเป็น 0 รูปขวาแสดงถึง weight เริ่มต้นแบบ Xavier initialization

2.21 Underfitting และ Overfitting



รูปที่ 2.28 Underfitting

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

สาเหตุของปัญหา Bias มีหลักๆ ดังนี้:

1. ข้อมูล Train set มีขนาดเล็กเกินไป โมเดลจึงไม่มี Information เพียงพอที่จะเรียนรู้ว่าควรจะตั้ง Parameter เท่าใดจึงจะเข้าได้กับข้อมูลส่วนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตั้ง Hyperparameter ไม่เหมาะสมกับข้อมูล เช่น ตั้ง Learning rate สูงเกินไป หรือการตั้งจำนวนครั้งในการ Iterate น้อยเกินไป (ส่งผลเหมือนกับการบังคับให้โมเดลหยุดการทำงานก่อนกำหนด ทำให้ Algorithm ไม่สามารถหา Global minimum พบได้

3. เราเลือกใช้ Algorithm ที่ไม่เหมาะกับข้อมูล หรือกำหนดโครงสร้าง Algorithm ไม่เหมาะกับข้อมูล โดยมีความซับซ้อนน้อย หรือ Neural networks มีจำนวน Layer และจำนวน Neuron ในแต่ละ Layer ไม่เพียงพอกับความซับซ้อนของข้อมูล

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

รูปที่ 2.29 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 ซึ่งอาจจะเกิดจากการไม่ได้สุ่มคัดแยก Train set / Test set อย่างถูกต้องตั้งแต่แรก หรือการเก็บข้อมูล Train set คนละครั้ง หรือจากคนละแหล่งที่มากับ Test set

3. จำนวน Feature มากเกินไป ทำให้โมเดลมีความซับซ้อนจนเกินจำเป็น อาจแก้ด้วยการตัด Feature ที่คิดว่าไม่ได้ส่งผลจากผลลัพธ์ออก แต่ก็เสี่ยงเพราะเรารู้ได้ยากว่า Feature ไหนสำคัญมากน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Algorithm ขาดหรือไม่ได้ใช้กลไกการชดเชยน้ำหนัก ที่เรียกว่า Regularization

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

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

สมการของ Lasso regression(L1)

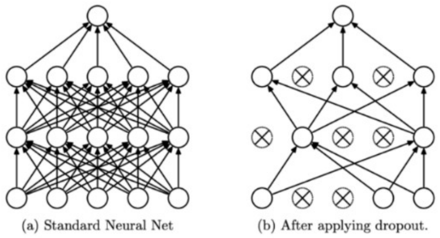
$$\sum_{i=0}^{n}(y_i - \sum_{j=0}^{m} x_{ij}W_j)^2 + \lambda \sum_{j=0}^{m} |W_j|$$

สมการของ Ridge regression(L2)

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

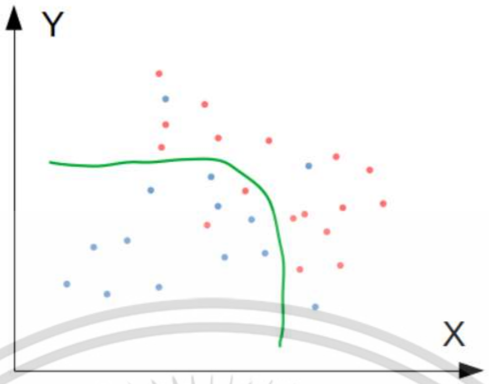
ข้อแตกต่างสำคัญระหว่าง Ridge regression ที่ใช้ L2 regularization กับ Lasso regression ที่ใช้ L2 regularization ก็คือ Lasso มีแนวโน้มจะตัด Feature ที่มีความสำคัญน้อยมากๆ ออกไปเลย ซึ่งก็คือการลดจำนวน Feature อัตโนมัติแทนเรา ตรงกันข้ามกับ Ridge ที่จะรักษา Feature ทั้งหมดไว้

อีกหนึ่งวิธีการแก้ไขคือ Dropout เป็นเทคนิคหนึ่งที่นำมาแก้ไข Overfitting ซึ่งก็คือ การที่เราใช้ parameterในการเทรนมากเกินไป จนโมเดลซับซ้อนเกินไป แต่ถ้าจะให้ตัดพารามิเตอร์เหลือน้อย ถ้าน้อยเกินไป ก็จะเกิดปัญหา 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.30 Dropout



รูปที่ 2.31 โมเดลที่ดี

เราต้องการโมเดลที่มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้ทั้งใน Train set และ Test set

2.22 วัดประสิทธิภาพ Model จาก Confusion Matrix

Confusion Matrix คือตารางสำคัญในการวัดความสามารถของ machine learning ในการแก้ปัญหา classification

การที่จะนำโมเดลใช้งานจริงได้นั้น จำเป็นต้องมีการวัดประสิทธิภาพโมเดล ก่อนว่าโมเดลนั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำมาพัฒนา หรือ นำไปใช้งานด้านต่างๆ ซึ่งการวัดประสิทธิภาพนั้นส่วนใหญ่จะวัดค่าจากใน Table ข้อมูลที่มี (Confusion Matrix)

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

รูปที่ 2.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Actual values กับ Predicted values

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”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วจะมีตัววัดที่นิยมใช้กันในงานวิจัยและการทำงานต่างๆ อยู่ 3 ค่า และสมการ คือ

1.Precision เป็นการวัดความแม่นยำของข้อมูล โดยพิจารณาแยกทีละคลาส

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

2. Recall เป็นการวัดความถูกต้องของ Model โดยพิจารณาแยกทีละคลาส

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

3. Accuracy เป็นการวัดความถูกต้องของ Model โดยพิจารณารวมทุกคลาส

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 กล่าวนำ

สายอากาศ อุปกรณ์สำหรับรับและส่งคลื่น ความถี่วิทยุ (radio frequency) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และในทางกลับกัน ก็เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าเช่นกัน

สายอากาศมีหลายขนาดและรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น สายอ่ากาศโทรทัศน์ในบ้าน มักติดตั้งไว้บนหลังคา ทำด้วยอะลูมิเนียม เพราะน้ำหนักเบาและทนต่อสภาพอากาศได้ดีกว่าโลหะทั่วไป สายอ่ากาศที่เรียกกันโดยทั่วไป เป็นส่วนที่ใช้แพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุออกไปตามการออกแบบใช้งานของสายอ่ากาศ ส่วนความถี่ใช้งานนั้นจะถูกออกแบบให้ใช้ตามย่านความถี่นั้นๆ เฉพาะ ไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz ต้องใช้กับสายอากาศ 2.4 GHz เท่านั้น (ยกเว้นอุปกรณ์ภาครับอย่างเดียวเช่น วิทยุ FM-AM)

สายอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ จากรูปแบบการกระจายของคลื่นคือ

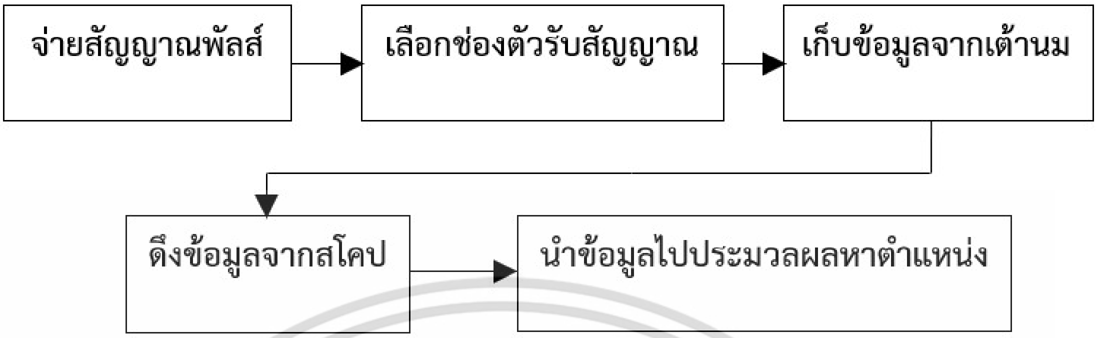
1.สายอากาศแบบรอบตัว (Omni Directional Antenna) สายอ่ากาศประเภทนี้มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทาง 360 องศา เหมาะสำหรับใช้ติดต่อกับเครื่องลูกข่ายที่เคลื่อนไหวอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่ไม่แน่นอน

2.สายอากาศแบบทิศทาง (Directional Antenna) เป็นสายอ่ากาศที่มีทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นที่มีทิศทางชัดเจน เหมาะสำหรับการติดต่อระหว่างจุดต่อจุด สามารถเพิ่มระยะทางการใช้งานได้ไกลกว่าสายอากาศแบบรอบตัว แต่มีข้อเสียคือถ้าไม่อยู่ในทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นจะไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหามะเร็งเต้านมด้วยคลื่นไมโครเวฟ จะใช้สายสายอากาศแบบทิศทาง (Directional Antenna) โดยสายอากาศที่ออกแบบ จะใช้รูปทรงคล้ายปากฮอนช่องสลอทเรียงตามแนวยาวของสายอากาศซึ่งเป็นตัวปรับความแรงและทิศทางของสัญญาณพร้อมทั้งยังลดการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะกับงานไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

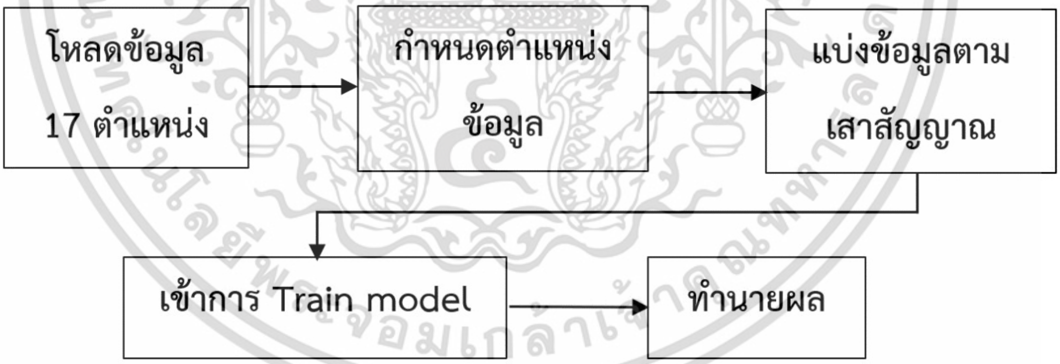
3.2 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน

เริ่มต้นจากการจ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 5.6 GHz ขนาด 1 โวลต์ peak to peak ระยะเวลาการส่ง 8.04 ns ต่อหนึ่งลูกคลื่น หลังจากนั้นกดสวิตซ์ LED & KEY เพิ่มเลือกช่องจากการรับสัญญาณ การกดนั้นจะขยับช่องสัญญาณไปทีละช่อง ทั้งหมดจำนวน 9 ตัวรับสัญญาณ เพื่อเก็บข้อมูลให้ได้ครบถ้วนทุกตำแหน่ง และในขณะที่เลื่อนไปทีละช่องสัญญาณ จะทำการดึงข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์

3.3 บล็อกไดอะแกรมการนำข้อมูลไปประมวลผล



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของการนำข้อมูลไปประมวลผล

เริ่มต้นจากนำข้อมูลที่เก็บมาระบุตำแหน่งให้ครบ 17 ตำแหน่งหลังจากนั้นแบ่งข้อมูลเป็น Train และ Test เพื่อเข้าโมเดลและทำนายผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบสายอากาศ

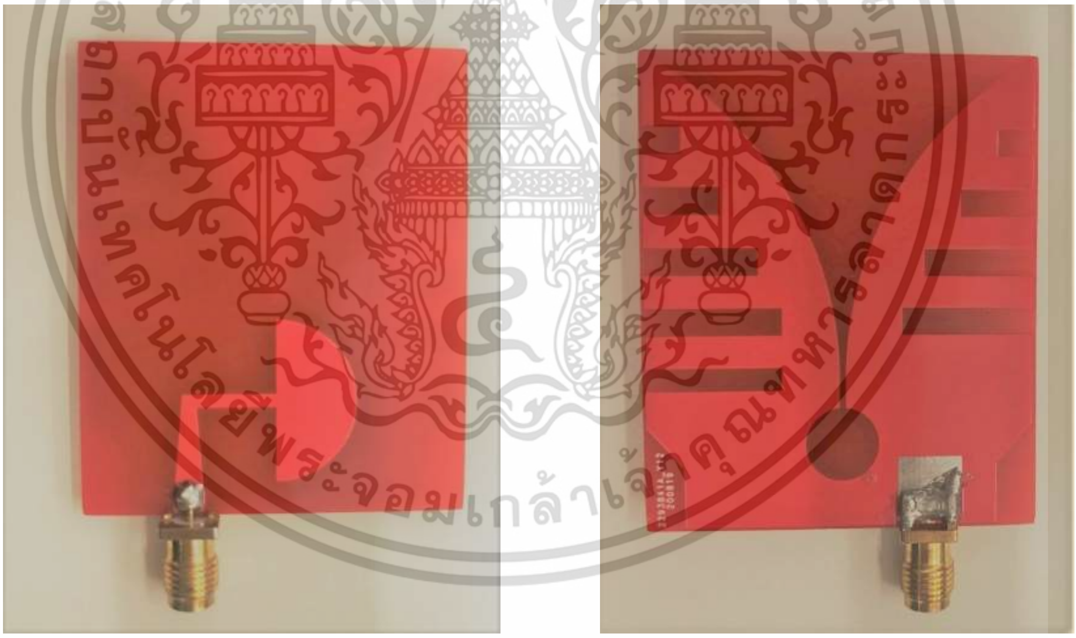
ในการออกแบบสายอากาศใช้โปรแกรม Altium designer ในการออกแบบและวาดสายอากาศตามขนาดและพารามิเตอร์ที่ต้องการตามตารางข้างต้น แล้วทำการบันทึกไฟล์ออกมาในรูปแบบของไฟล์ PCB (.PcbDoc) เพื่อส่งไปยังโรงงานผลิต PCB

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหามะเร็งเต้านมด้วยคลื่นไมโครเวฟ จะใช้สายสายอากาศแบบทิศทาง (Directional Antenna) ได้อ้างอิงจากงานวิจัยของ นาย Essex J. Bond โดยสายอากาศที่ออกแบบ จะใช้รูปทรงคล้ายปากฮอนช่องสลอทเรียงตามแนวยาวของสายอากาศซึ่งเป็นตัวปรับความแรงและทิศทางของสัญญาณพร้อมทั้งยังลดการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะกับงานไมโครเวฟ สายอ่ากาศที่มีทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นที่มีทิศทางชัดเจน เหมาะสำหรับการติดต่อระหว่างจุดต่อจุด

รูปที่ 3.3 ขนาดของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 สายอากาศที่ใช้ทำการทดลอง



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของสายอากาศจริงที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 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 การสร้างแบบจำลองเต้านมและมะเร็ง

การออกแบบเต้านมและมะเร็งที่ใช้เพื่อการทดลอง จะออกแบบโดยใช้รูปทรงอย่างง่าย คือทรงกลมและครึ่งวงกลม และกำหนดค่าคุณสมบัติการนำไฟฟ้าให้เหมือนกับเนื้อเยื่อจริงมากที่สุด และได้มีการศึกษาการทำแบบจำลองเพื่อใช้จำลองอวัยวะต่าง ๆ เพื่อใช้ในการตรวจสอบมะเร็งขึ้นมา โดยที่แบบจำลองดังกล่าวต้องมีความใกล้เคียงกับอวัยวะจริง ๆ ของร่างกาย โดยการกำหนดคุณสมบัติค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant) ของแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับอวัยวะจริง ๆ ที่ต้องการใช้ในการทดสอบ การทำเนื้อเยื่อจำลองสำหรับใช้ในการตรวจหามะเร็งเต้านม โดยที่เนื้อเยื่อบริเวณเต้านำมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant) อยู่ที่ 11.7 (ตามตารางที่ 3.2)

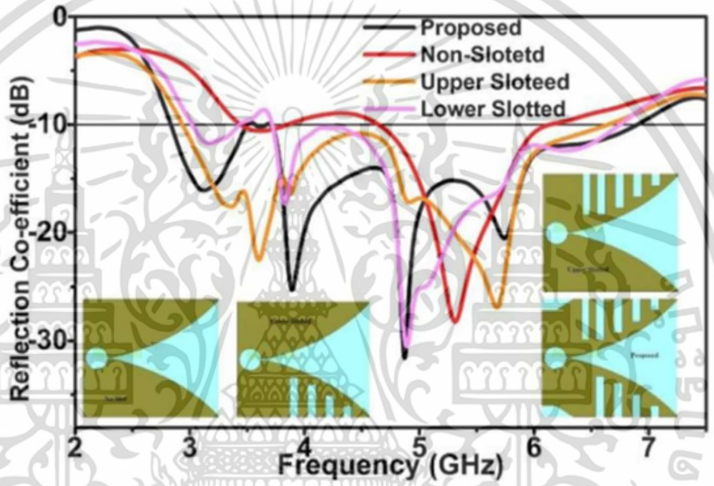
ตารางที่ 3.2 แสดงค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant) ของเต้านม

Parameter	Fat
ε_r	11.7
ε_m	6.95
ε_∞	3.5
$\tau_p(\text{ns})$	0.15
$\tau_Q(\text{ns})$	18
β	0
$\sigma_s(\text{s/m})$	0.11

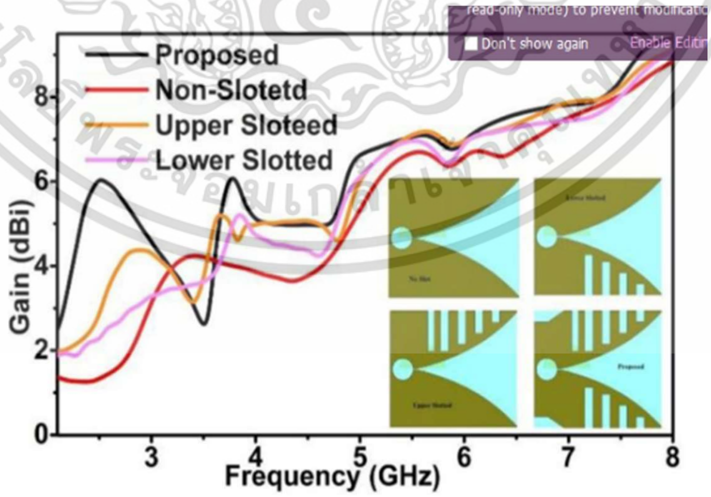
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ผลการทดลองการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ

เมื่อป้อนสัญญาณไปที่สายอากาศ จะมีพลังงานของสัญญาณที่ถูกส่งออกไป บางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนถูกสะท้อนกลับไปยังแหล่งจ่าย อัตราของกำลังที่ส่งต่อกำลังที่สะท้อนกลับเรียกว่า “การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (RL: return loss) ซึ่งถ้าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ (dB)นั้นๆ มีค่าติดลบยิ่งมาก สายอากาศนั้นมีการแมตชิ่งอิมพีแดนซ์ยิ่งดี ทำให้ทำการส่งได้สัญญาณได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น และสายอากาศที่ยอมรับได้จะต้องมีค่ามากหรือเท่ากับ -10 dB ขึ้นไป ซึ่งการวัดอิมพีแดนซ์จะกล่าวในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 3.6 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11)



รูปที่ 3.7 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (S11)

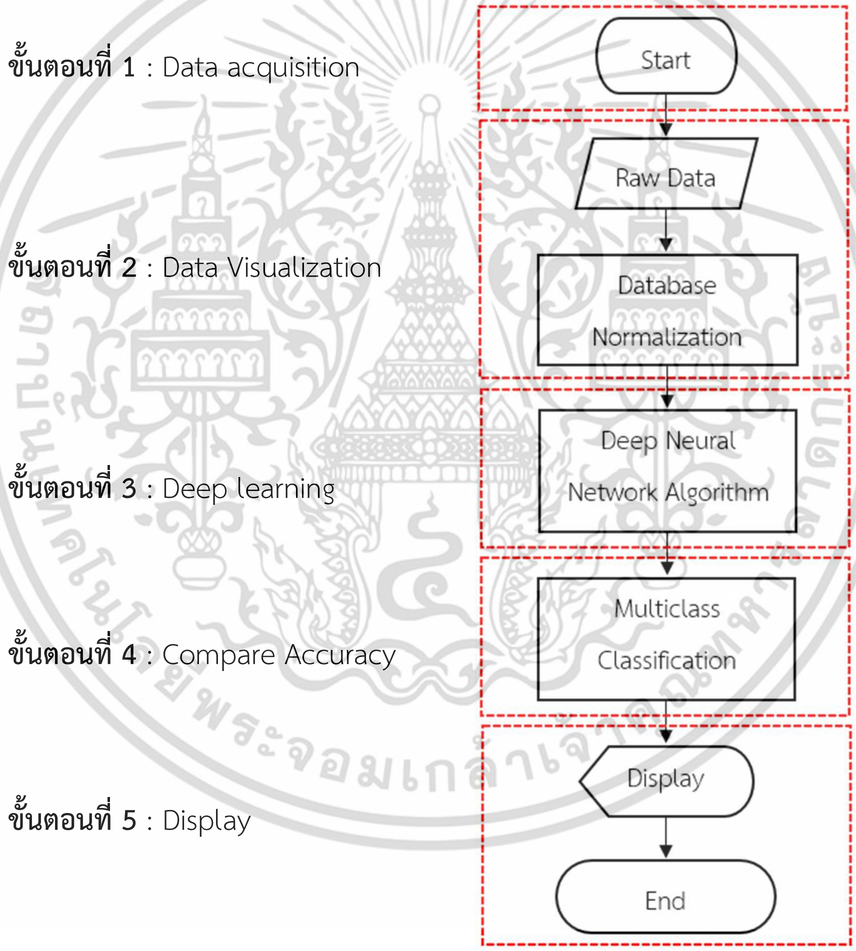
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ผลการวัดค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

การวัดค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศเป็นอีกปัจจัยอย่างหนึ่ง ที่จะบอกประสิทธิภาพของสายอากาศได้ว่ามีความเข้ากันกับความถี่ที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการวัดค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศโดยใช้เครื่อง Network Analyzer

3.8 การจัดว่างโครงสร้างและระบบสำหรับการทดลอง

3.8.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน

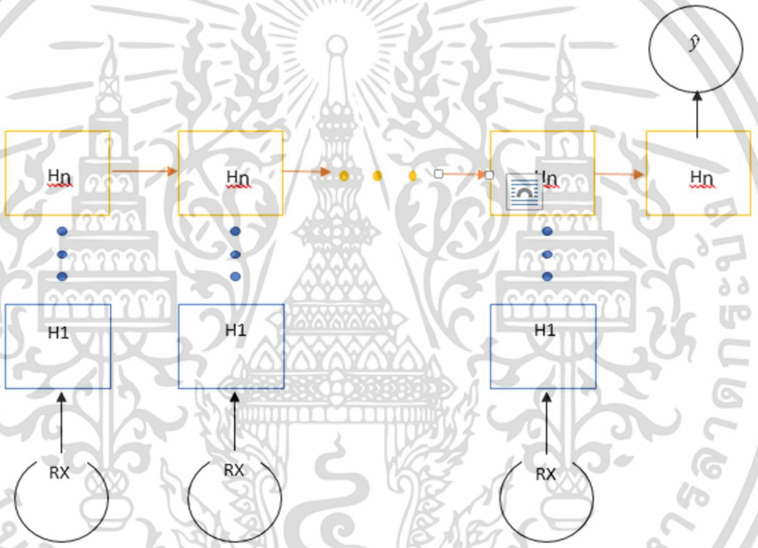


รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นจากการจ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 5.6 GHz ขนาด 1.5 โวลต์ peak to peak ระยะเวลาการส่ง 8.04 ns ต่อหนึ่งลูกคลื่น ภาคส่งสายอากาศ 1 ต้น ภาครับมีสายอากาศ 9 ต้น โดยภาครับสัญญาณจะรับสัญญาณได้ด้วยการกำหนดจากการกดสวิตซ์เพื่อเลือกช่องจากการรับสัญญาณ การกดนั้นจะเปลี่ยนช่องสัญญาณไปทีละช่อง ทั้งหมดจำนวน 9 ตัวรับสัญญาณ เพื่อเก็บข้อมูลให้ได้ครบถ้วนทุกตำแหน่ง และในขณะที่เลื่อนไปทีละช่องสัญญาณ จะทำการดึงข้อมูลผ่านพอร์ต GPIB โดยโปรแกรมที่สร้างขึ้นจาก Math lab อยู่ในรูปแบบของ Matrix หลังจากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

3.8.2 แผนโครงสร้างโมเดล

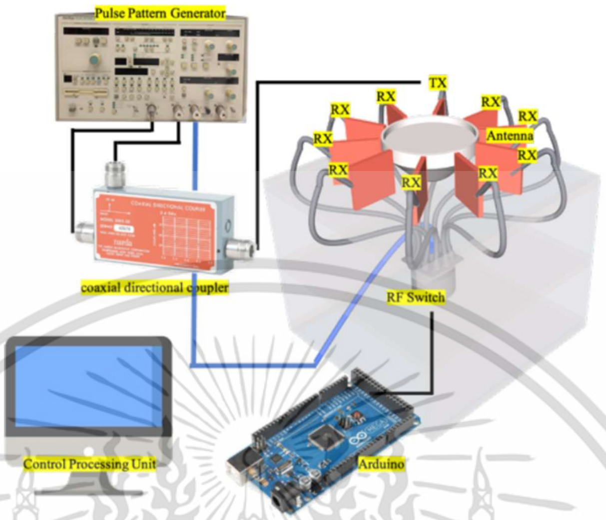


รูปที่ 3.9 แผนโครงสร้างโมเดล

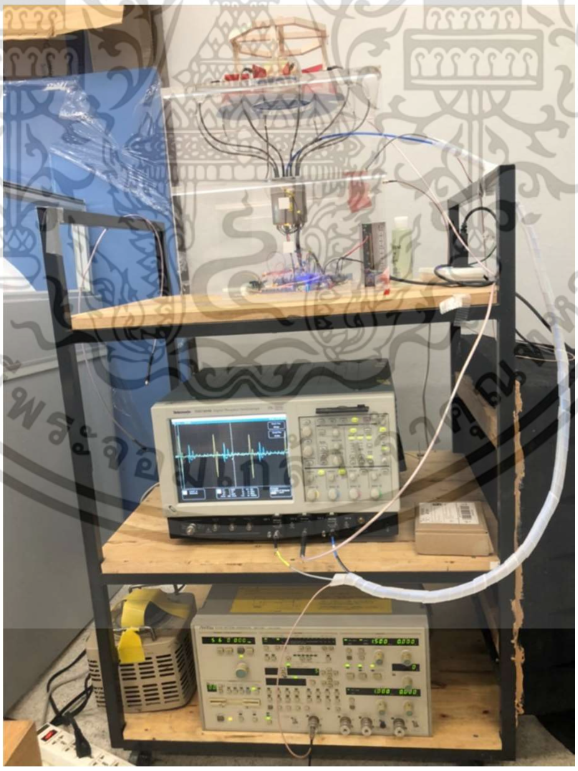
สัญญาณขาเข้าจะมีทั้งหมด 9 เสาสัญญาณ โดยแต่ละเสาสัญญาณจะเรียนรู้ผ่านแต่ละชั้นเป็นจำนวน Hn ชั้นและที่ชั้นสุดท้ายจะทำการส่งผลทำนายของเสาสัญญาณนั้นไปให้อีกเสาสัญญาณ และออกผลลัพท์เป็นตำแหน่งสุดท้ายซึ่งได้ถูกทำนายและถูกส่งต่อมากันทั้ง 9 เสาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 การจัดวางโครงสร้างอุปกรณ์สำหรับการทดลอง



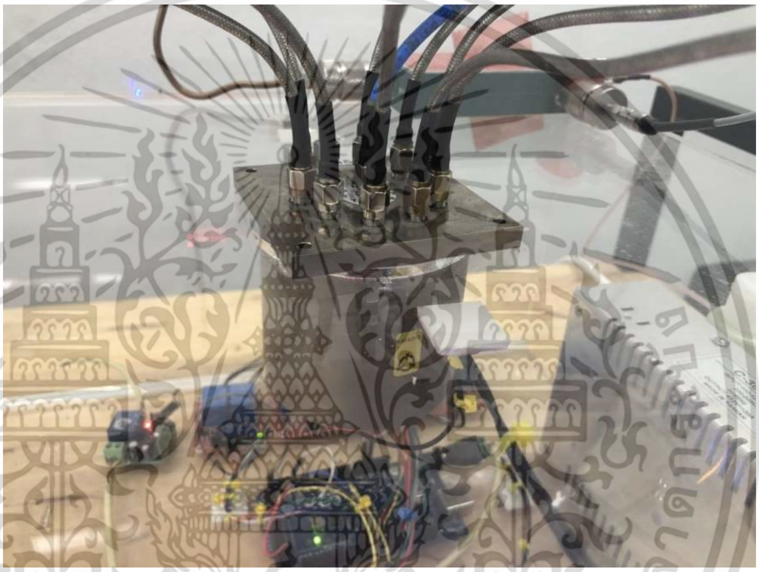
รูปที่ 3.10 การจัดวางโครงสร้างอุปกรณ์และระบบสำหรับการทดลอง



รูปที่ 3.11 การจัดวางโครงสร้างอุปกรณ์และระบบสำหรับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

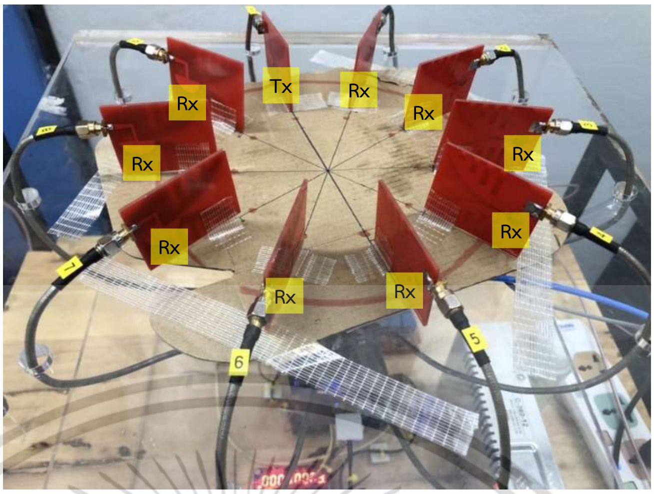
1. Pulse Pattern generator ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 5.6 GHz ขนาด 1 โวลต์ peak to peak ระยะเวลาการส่ง 8.04 ns ต่อหนึ่งลูกคลื่น
2. Digital phosphor oscilloscope ทำหน้าที่รับสัญญาณจากสายอากาศในรูปแบบของสัญญาณ แล้วทำการแปลงข้อมูลที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบของอาร์เรย์เมทริก เพื่อส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์
3. Rf selector switch ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ควบคุมช่องทางรับสัญญาณเพื่อเลือกช่องสัญญาณจากสายกาศที่ต้องการรับ มีไฟเลี้ยง 24 โวลต์ และใช้สัญญาณกราวด์เพื่อทริกเปิดช่องสัญญาณที่ต้องการ



รูปที่ 3.12 Rf selector switch

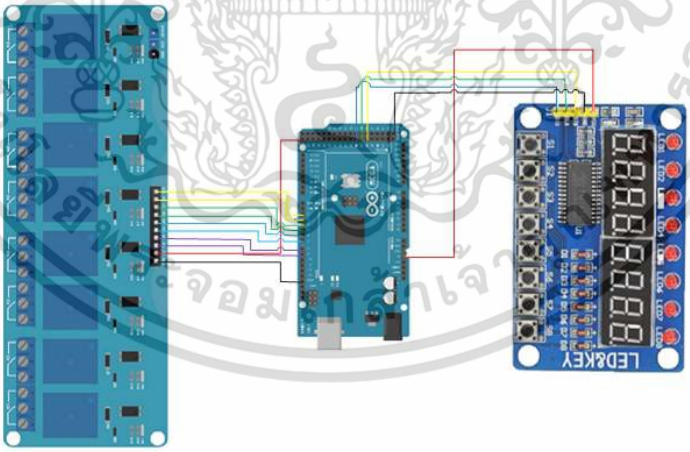
4. สายอากาศ ทำหน้าที่รับสัญญาณมีทั้งหมด 10 ต้น โดยประกอบด้วย ภาคส่วนของตัวส่งสัญญาณจำนวน 1 ต้น และภาคส่วนของตัวรับสัญญาณจำนวน 9 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



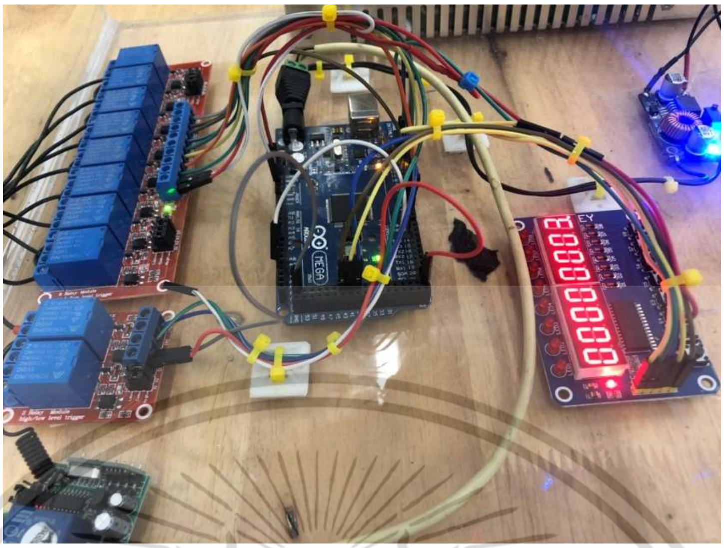
รูปที่ 3.13 สายอากาศ

5. ชุดคอนโทรลช่องทางรับสัญญาณ ในการทดลองนี้มีทั้งหมด 9 ช่องสัญญาณ จะทำงานร่วมกับ Rf selector switch เพื่อเลือกช่องรับสัญญาณ โดย Arduino control จะรับคำสั่งปุ่มกดจากวงจร LED & KEY ซึ่งที่วงจรจะแสดงตัวเลขช่องสัญญาณที่เราทำการรับสัญญาณช่องนั้นอยู่ แล้วคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งโมดูลรีเลย์ช่องสัญญาณทำงาน หลังจากนั้น RF selector switch ได้รับสัญญาณกราวด์ทริกจากจากรีเลย์ ก็จะทำการเปิดรับสัญญาณช่องที่ได้กำหนด



รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณ

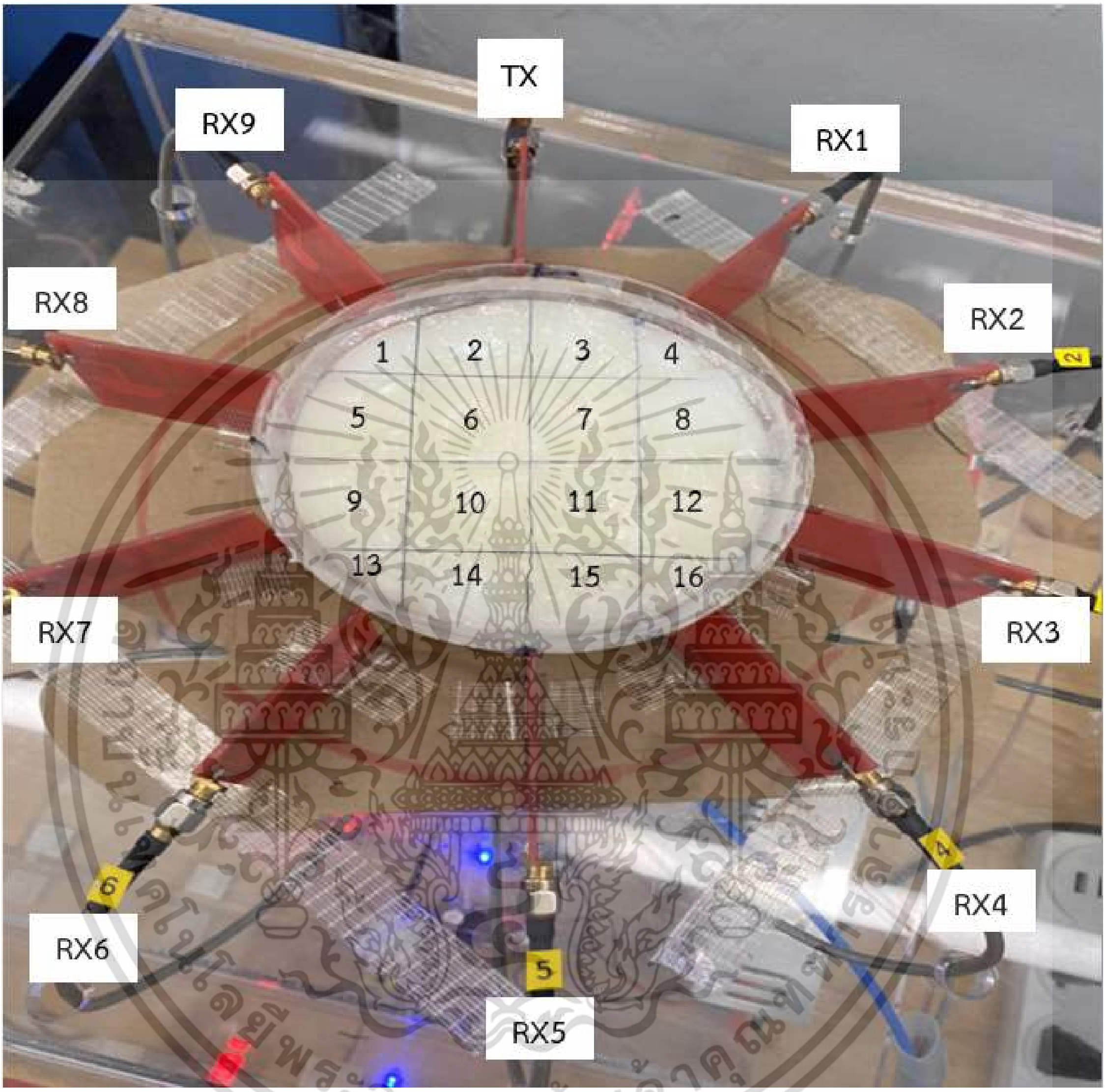
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมช่องทางรับของสัญญาณที่ใช้ทำทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 รูปแบบการกำหนดตำแหน่งของเซลล์จำลองและตำแหน่งเสารับสัญญาณ



รูปที่ 3.16 ตำแหน่งของเซลล์จำลองและตำแหน่งเสารับสัญญาณ

เป็นการระบุตำแหน่งเสาส่งสัญญาณและเสารับสัญญาณทั้งหมดพร้อมทั้งบอกตำแหน่งของการตรวจเซลล์มะเร็งจำลองเป็นเลขตั้งแต่ 0-16 โดยตำแหน่ง 0 คือไม่มีก้อนมะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 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 3.17 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);
}
```

รูปที่ 3.18 โค้ดกำหนด Pin แต่ละตัวจะเป็นการกำหนดให้ แต่ละตัว ว่าจะใช้เป็น OUTPUT หรือ INPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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 3.19 โค้ดควบคุมการแสดงผลบน LED&KEY TM1638 และ Relay

เป็นการสั่งการควบคุมเมื่อกดสวิตซ์จะกระทำการแสดงเลขบน LED&KEY และเปิด Relay ตามตัวเลขที่แสดงขึ้นบน LED&KEY

3.11 โค้ดการเก็บและใช้ข้อมูล

Editor - D:\Mat_final\Water_1cm_15amp\WNATX\Wna9\savefile.m

savefile.m

```
%% 1
    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
```

รูปที่ 3.20 โค้ดการตั้งค่าการเชื่อมต่อ

เป็นการตั้งค่าช่อง GPIB จากสโคปไปยังคอมพิวเตอร์และเปิดการเชื่อมต่อกับตัวอุปกรณ์

```
    dx = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:XINcr?')); %% query timeperdiv scail
    dy = str2double(query(Scope,'WFMOutpre:YMUlt?')); %% query voltperdiv scail

    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;

    t = 0:dx:N*dx-dx;
    dt = (max(t) - min(t))/N;

```

รูปที่ 3.21 โค้ดตั้งค่าสเกลข้อมูล

ตั้งค่าการดึงสเกลข้อมูลทางแกน x และแกน y, จำนวนความละเอียด และแกนเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
figure
fprintf(Scope,'DATa:ENCdg SRIbinary'); %% acquire data format
fprintf(Scope,'DATa:SOUrce CH1'); %% channel determination
fprintf(Scope,'CURVe?'); %% graph data collection

Data_Tx_A_1 = binblockread(Scope,'int16'); %% rawdata
Data_Tx_A_1 = (dy*(Data_Tx_A_1-yoff))+ yori; %% axis tunable
waveform.t=t;
waveform.dt=dt;
waveform.Tx=Data_Tx_A_1;
plot(t,Data_Tx_A_1)
title('Tx','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
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
```

รูปที่ 3.22 โค้ดเก็บข้อมูลตัวส่งสัญญาณ

เป็นการเลือกช่องทาง CH1 และรับข้อมูลจากสัญญาณพัลส์ เก็บค่าไว้ใน Data_Tx_A_1

```
figure
fprintf(Scope,'DATa:ENCdg SRIbinary'); %% acquire data format
fprintf(Scope,'DATa:SOUrce CH3'); %% channel determination
fprintf(Scope,'CURVe?'); %% graph data collection
Data_Rx_A_1 = binblockread(Scope,'int16'); %% rawdata
Data_Rx_A_1 = (dy*(Data_Rx_A_1-yoff))+ yori; %% axis tunable
waveform.t=t;
waveform.dt=dt;
waveform.Rx=Data_Rx_A_1;
plot(t,Data_Rx_A_1)
title('Rx','Fontname','Times New Roman','FontSize',16);
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
```

รูปที่ 3.23 โค้ดเก็บข้อมูลตัวรับสัญญาณ

เป็นการเลือกช่องทาง CH3 และรับข้อมูลจากตัวรับสัญญาณ เก็บค่าไว้ใน Data_Rx_A_1

```
fprintf(Scope,'*CLS');
fclose(Scope);
delete(Scope);
clear Scope;
save('A_1.mat')
```

รูปที่ 3.24 โค้ดเก็บข้อมูลทั้งหมดบันทึกค่าของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Tx = Data_TxA_1;
Rx = Data_RxA_1;
[pks,locs] = findpeaks(Tx,t);
plot(t,Tx,locs,pks,'or')
hold on

thr = 0.02;
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)
title('time domain_1')
```

รูปที่ 3.25 โค้ดการใช้ข้อมูล

นำค่าจากตัวส่งสัญญาณไปหาค่าสูงสุด และนำค่าจากตัวรับสัญญาณปรับข้อมูลให้คำนวณง่าย และหาค่าสูงสุด หลังจากนั้นนำค่าทั้งสองมาลบกัน เพื่อดูค่าระยะเวลา

3.12 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)
```

รูปที่ 3.26 โค้ดการอ่านข้อมูลจากไฟล์อ่านข้อมูลทั้ง 17 ตำแหน่ง และอ่านค่าชื่อของตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 3.27 โค้ด One-Hot encodingสร้างข้อมูลลำดับตำแหน่งเพื่อไปกำหนดข้อมูลของสัญญาณ

```
[ ] 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(none_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(df11_Tran)):
  df_Tran3 = np.append(df13_Tran[i],Y_hot[3])
  c13.append(df_Tran3)

for i in range(len(df11_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 3.28 โค้ดต่อข้อมูลกับลำดับตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างอาร์เรย์และเก็บค่าข้อมูลที่ถูกกำหนดตำแหน่งทั้ง 17 ตำแหน่ง

```
[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 3.29 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])
```

รูปที่ 3.30 โค้ดแบ่งข้อมูลออกจากตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำข้อมูลของแต่ละเสาสัญญาณแยกจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ เพื่อเตรียมเข้า Train model

```
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 3.31 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 3.32 โค้ดสร้าง weight และ bias เริ่มต้น

ทำการสร้าง weight และ bias โดย weight ตัวแรกจะมีขนาดเป็น input และ ออกเป็นตามจำนวนของ adj เพื่อส่งต่อไป layer ต่อไปและที่ layer ชั้นสุดท้ายจะออกขนาดตามตำแหน่งคือ 17 ซื้อทุก 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 3.33 โค้ด Feed forward ในเสาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการนำข้อมูลสัญญาณในแต่ละเสาไปผ่านทุกชั้นและออกเป็น output 17 ตำแหน่ง

```
Error5 = train_y-A5#เฉพาะnetworkขวาสุด
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)


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

รูปที่ 3.34 โค้ด Back propagation ในเสาสัญญาณ

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

```
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 3.35 โค้ด Validation ในเสาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างที่ Feed forward และ Back propagation จะทำการนำ Weight และ bias ที่อยู่ในระหว่างการเทรนไปทำนายข้อมูลที่ไม่เคยทดสอบมาก่อนเพื่อที่จะดูว่าโมเดลเราสามารถใช้กับข้อมูลอื่นที่ไม่เคยเจอได้หรือไม่ 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 3.36 โค้ด Feed forward จากเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง

จะนำข้อมูลจากชั้นสุดท้ายของเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง จากการที่สมการ ZH จะมีตัวที่บวกเพิ่มหลังจาก bias นั้นคือข้อมูลของสัญญาณก่อนหน้า และทำนายผลที่ชั้น ANN โดนผ่านฟังก์ชัน softmax

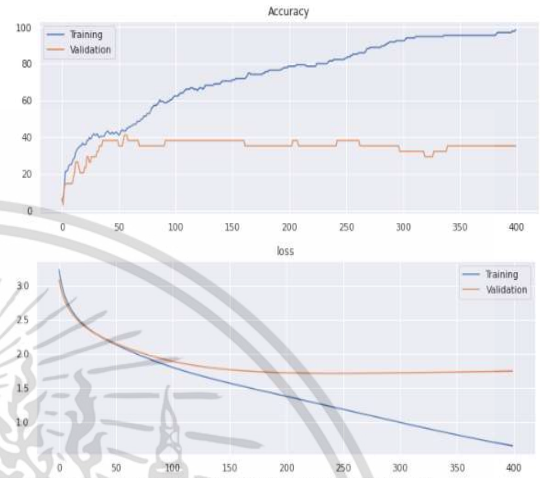
```
Error_N = RX1_train_y-ANN
WN = WN+(lr/N)*(np.dot(HT9.T,Error_N)+(lamb/N)*WN)
BN = BN+(lr/N)*np.sum(Error_N,axis=0,keepdims=True)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

รูปที่ 3.37 โค้ด Back propagation จากเสาสัญญาณหนึ่งไปอีกเสาสัญญาณหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

```
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)
```




```
Train epoch 400 , Accuracy: 98.52941176470588 % Loss: 0.6517742379273436
Validation  epoch 400 , Accuracy: 35.294117647058826 % Loss: 1.7474381178985237
```

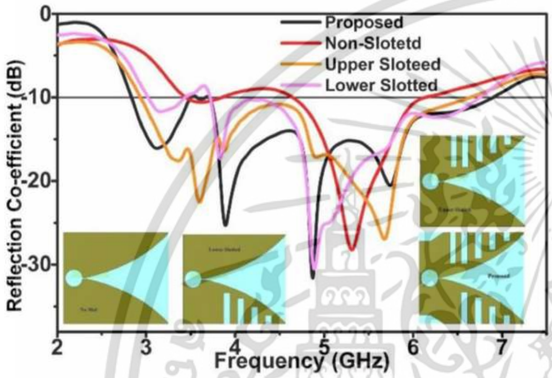
รูปที่ 3.38 โค้ดแสดงผลความแม่นยำและข้อผิดพลาด

นำข้อมูลไปแสดงผลความแม่นยำและข้อผิดพลาด โดยความแม่นยำจะต้องเข้าใกล้ 100 และ loss เข้าใกล้ 0 โมเดลถึงจะมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 บันทึกผลการทดลองการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน



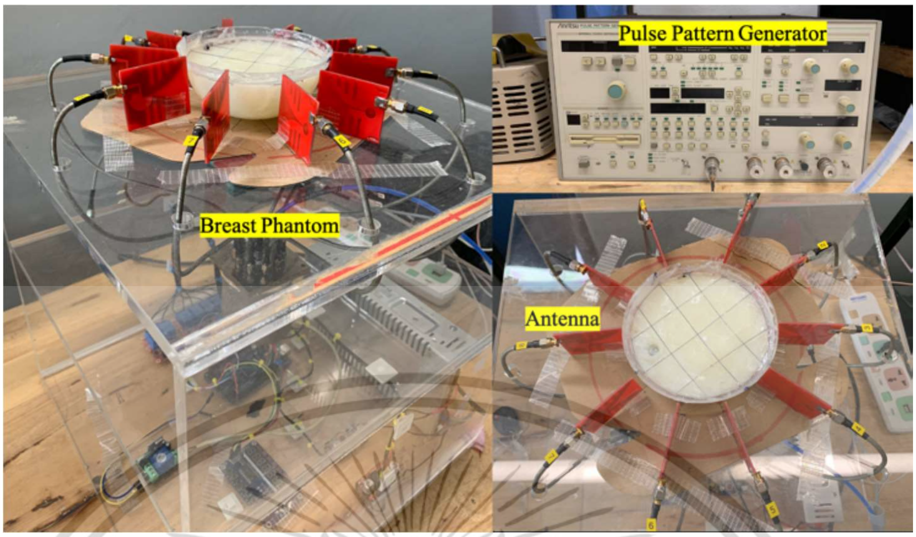
รูปที่ 4.1 สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากทฤษฎี **รูปที่ 4.2** สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากการทดลอง

4.2 บันทึกผลการทดลองของ Receiver แต่ละตัวเมื่อรับสัญญาณจากตัวกลางที่เป็นปิโตรเลียมเจล

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การสะท้อนกับช่วงความถี่

ช่วงความถี่ (GHz)	จากทฤษฎี Proposed (dB)	จากการทดลอง (dB)
2 – 3	สูงกว่า -10 dB	สูงกว่า -10 dB
3 - 4	ต่ำกว่า -10 dB	สูงกว่า -10 dB
4 - 5	ต่ำกว่า -10 dB	ต่ำกว่า -10 dB
5 - 6	ต่ำกว่า -10 dB	ต่ำกว่า -10 dB
6 - 7	ต่ำกว่า -10 dB	สูงกว่า -10 dB
มากกว่า 7	สูงกว่า -10 dB	สูงกว่า -10 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

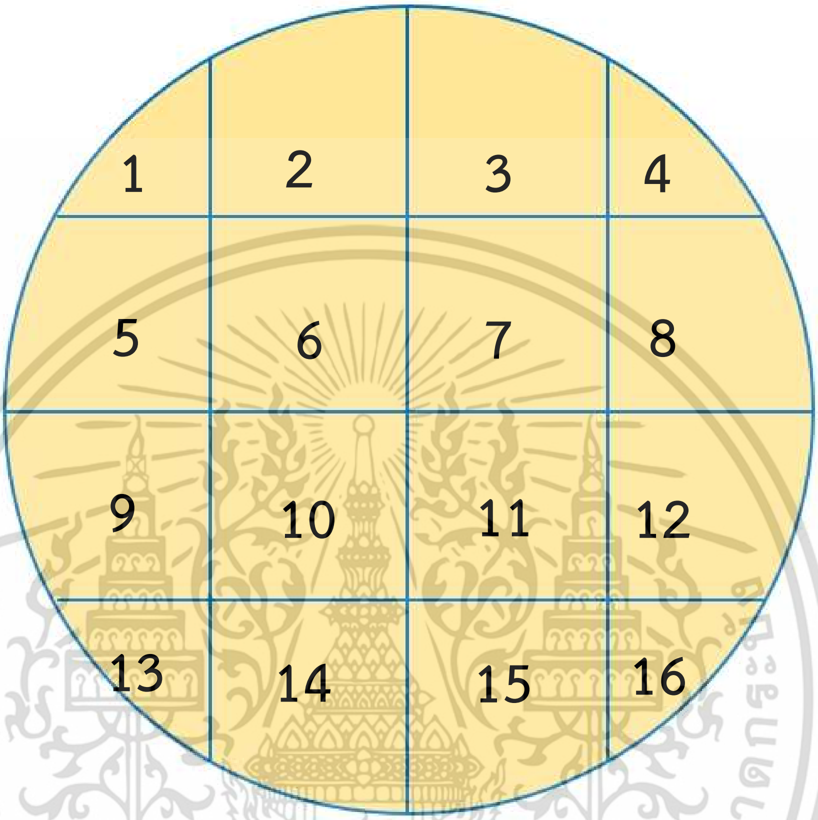


รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงระบบการทดลองจริง

อ้างอิงรูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในระบบทดลองทั้งหมด และแสดงถึงการเชื่อมโยงของอุปกรณ์ภายในระบบการทดลองการผลิตสัญญาณที่เกิดขึ้นด้วย Pulse Pattern Generator ด้วยการเชื่อมต่อผ่านสายส่งโคแอ็กเซียล (Co-axial) หลังจากนั้นจะทำการดึงข้อมูลจากออสซิโลสโคปผ่านพอร์ต จี พี ไอ บี มีชื่อเรียกเต็มว่า “General Port Interface Bus (GPIB)” โดยนำมาประมวลผลในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมแมทแลป (MATLAB) ด้วยความละเอียดในการเก็บข้อมูล 5000 จุด เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของผลลัพธ์ ได้แก่ ความกว้างของสัญญาณพัลส์ (pulse duration) และช่วงความถี่การใช้งาน (frequency bandwidth) เบื้องต้น โดยภาคส่งโดยจะส่งออกผ่านเสาอากาศตัวส่ง (Tx) เพื่อการตรวจจับ จากนั้นผลที่ได้จะโดนรับกลับเข้ามาในระบบผ่านเสาอากาศตัวรับ (Rx) แล้วส่งสัญญาณผ่านต่อไปออสซิโลสโคปและดึงข้อมูลผ่าน GPIB นำกลับมาวิเคราะห์ประมวลผลต่อไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 บันทึกผลการทดลองค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver แต่ละตัว



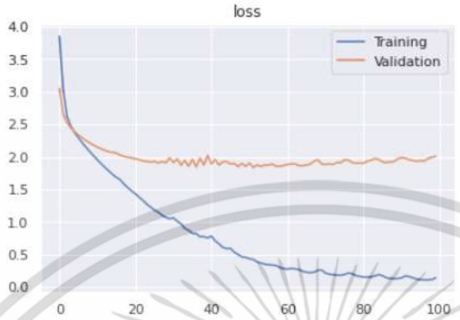
รูปที่ 4.4 แบบจำลองตำแหน่งของเซลล์มะเร็งจำลอง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 บันทึกผลการทดลองค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver แต่ละตัว

4.3.1 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1



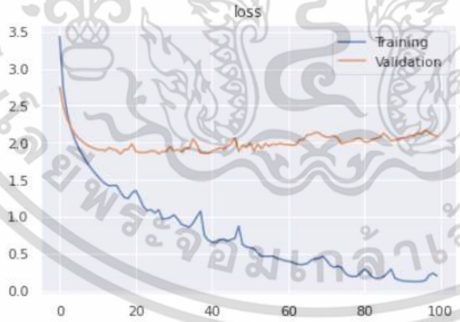

```
Train epoch 100 , Accuracy: 96.32352941176471 % Loss: 0.13966173899340426
Test  epoch 100 , Accuracy: 32.35294117647059 % Loss: 2.0096167354012815
```

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 1

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1

Model	Accuracy	Loss
Train	96.3235%	0.1397
Test	32.3529%	2.0096

4.3.2 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
```

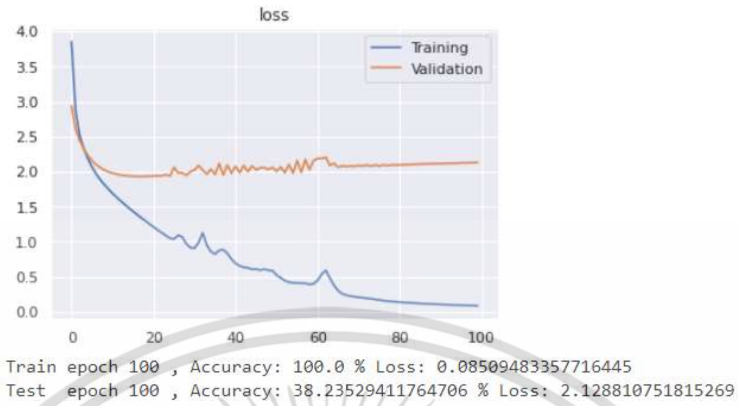
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 2

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2

Model	Accuracy	Loss
Train	94.1176%	0.2035
Test	32.3529%	2.0890

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3

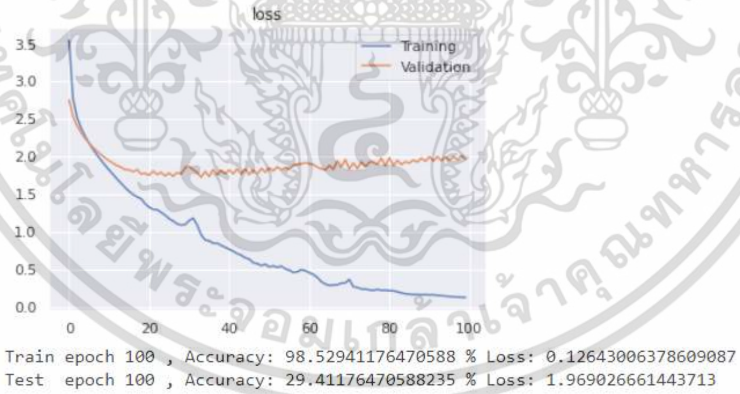


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 3

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3

Model	Accuracy	Loss
Train	100.0%	0.0851
Test	38.2353%	2.1288

4.3.4 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4



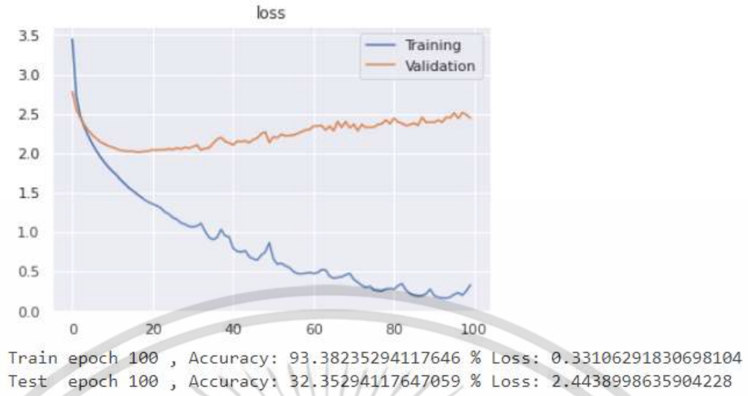
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 4

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4

Model	Accuracy	Loss
Train	98.5294%	0.1264
Test	29.4118%	1.9690

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5

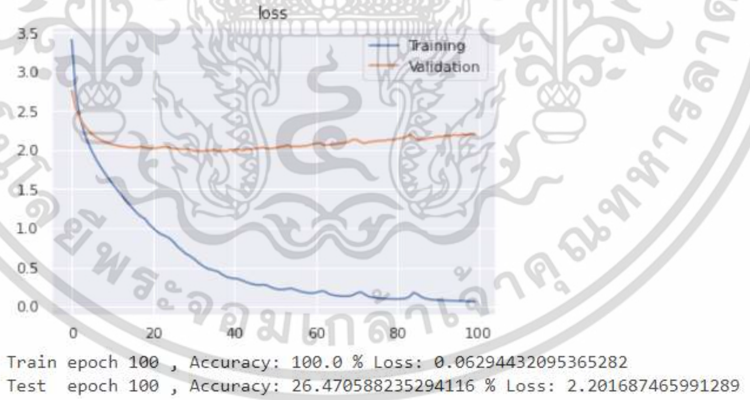


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 5

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5

Model	Accuracy	Loss
Train	93.3824%	0.3311
Test	32.3529%	2.4439

4.3.6 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6



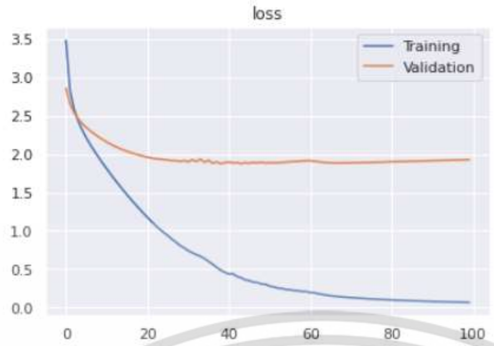
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 6

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6

Model	Accuracy	Loss
Train	100.0%	0.0629
Test	26.4706%	2.2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7



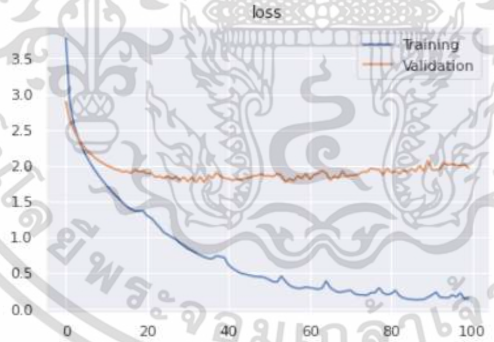

```
Train epoch 100 , Accuracy: 100.0 % Loss: 0.06607749375645
Test  epoch 100 , Accuracy: 47.05882352941177 % Loss: 1.9272386042032579
```

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 7

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7

Model	Accuracy	Loss
Train	100.0%	0.0661
Test	47.0588%	1.9272

4.3.8 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8




```
Train epoch 100 , Accuracy: 94.8529411764706 % Loss: 0.15143908620365232
Test  epoch 100 , Accuracy: 32.35294117647059 % Loss: 1.967331863813143
```

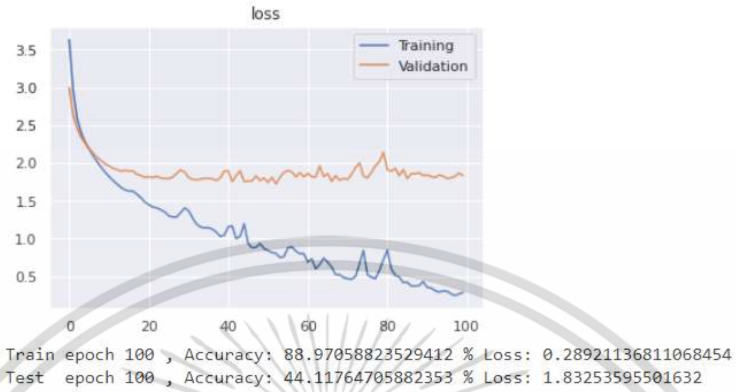
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 8

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8

Model	Accuracy	Loss
Train	94.8529%	0.1514
Test	32.3529%	1.9673

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.9 ค่าความแม่นยำในการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Loss และ Epoch ของ Receiver ตัวที่ 9

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความแม่นยำในการ train และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9

Model	Accuracy	Loss
Train	88.9706%	0.2892
Test	44.1176%	1.8325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Training set's F1 Score: 0.9632

	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	8	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
3	0	0	5	3	0	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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	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	0	2	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	1	1	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	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
7	0	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	0	2	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
12	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	1	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
16	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 4.14 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Training set's F1 Score: 0.9412

	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	8	0	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
3	0	0	0	8	0	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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

รูปที่ 4.15 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Training set's F1 Score: 1.0000

	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	8	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
3	0	0	0	8	0	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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	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	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	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	0	0	1	0	1	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	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	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	1	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

รูปที่ 4.16 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Training set's F1 Score: 0.9853

	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	8	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
3	0	0	0	6	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	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	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
7	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	1	0	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11	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	1	1	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
14	1	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	1	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

รูปที่ 4.17 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Training set's F1 Score: 0.9338

	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	8	0	0	0	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
3	0	0	0	0	8	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
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	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	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	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	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	1	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
11	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	2	0	0	0	0	0	0	0
13	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	1	1	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	1	0	1

รูปที่ 4.18 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Training set's F1 Score: 1.0000

	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	8	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
3	0	0	0	8	0	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	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	1	1	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	1	0	0	1	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	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	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	0	0	0	0	2	0	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	1	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

รูปที่ 4.19 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Training set's F1 Score: 1.0000

	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	8	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
3	0	0	0	8	0	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	0	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	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	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	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	1	0	0	1	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	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
15	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	1	1

รูปที่ 4.20 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Training set's F1 Score: 0.9485

	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	8	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
3	0	0	0	8	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	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	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
14	1	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	1	0	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

รูปที่ 4.21 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Training set's F1 Score: 0.8897

	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	8	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
3	0	0	7	1	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
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	8	0	0	0	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
8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	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	0	0	0	0	0	8	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

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	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	0	1	1	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	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	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	0	0	0	0	1	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

รูปที่ 4.22 แสดงค่า f1_score ของการ train model และ test model ของ Receiver ตัวที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 บันทึกผลการทดลองค่า f1_score เมื่อทำการหมุนเซลล์มะเร็งจำลอง 4 ครั้ง

4.5.1 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยการหมุนครั้งที่ 1

	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 4.23 แสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยการหมุนครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยการหมุนครั้งที่ 2

	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	0	7	0	0	0	7	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	0	2	0	0	0	4	0	0	0	11

รูปที่ 4.24 แสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยการหมุนครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยการหมุนครั้งที่ 3

	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 4.25 แสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยการหมุนครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยการหมุนครั้งที่ 4

	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

รูปที่ 4.26 แสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยการหมุนครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.5 ค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver ทุกตัว โดยรวมการหมุนทั้งหมด 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 4.27 แสดงค่า f1_score รวมในการ test model ของ Receiver หมุนทั้งหมด 4 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการทดลองในครั้งที่ 1 ค่าความแม่นยำในการทำนายนั้นประมาณ 20-30 เปอร์เซนต์เท่านั้น ซึ่งค่าที่ได้มีค่าต่ำมากไม่สามารถนำมาใช้งานได้ และหลังจากได้ทำการวิเคราะห์จากผลลัพธ์ที่ได้นั่นปรากฏว่า ตำแหน่งบริเวณที่มีความแม่นยำในการทำนายค่านั้น จะอยู่บริเวณส่วนด้านหน้าของสายอากาศต้นส่งสัญญาณเท่านั้น จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า

ที่ตำแหน่ง 0 องศาค่าความถูกต้องแม่นยำ จะครอบคลุมโซน 1 2 3 4

ที่ตำแหน่ง 90 องศาค่าความถูกต้องแม่นยำ จะครอบคลุมโซน 4 8 12 16

ที่ตำแหน่ง 180 องศาค่าความถูกต้องแม่นยำ จะครอบคลุมโซน 13 14 15 16

ที่ตำแหน่ง 270 องศาค่าความถูกต้องแม่นยำ จะครอบคลุมโซน 1 5 9 13

ด้วยเหตุผลนี้การปรับทิศทางเสาสัญญาณตัวส่ง ในทิศทาง 0, 90, 180, 270 องศา มีความแม่นยำในการทำนายให้มีเปอร์เซ็นมากขึ้น โดยค่าที่ได้ มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลลัพท์ที่ได้มีความแม่นยำอยู่สูงสุดอยู่ที่ 79.0455 เปอร์เซนต์

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองข้างต้นถึงแม้จะมีความแม่ยำเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีข้อยกพร่องของค่าความแม่นยำในบริเวณตรงกลาง ซึ่งยังค่าความแม่นยำที่ได้ยังคงน้อยอยู่ ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อๆ จะได้มีการเพิ่มจำนวนของสายอากาศหรือเพิ่มทิศทางในลักษณะของสามมิติ เพื่อเพิ่มความแม่นยำรวมทั้งเพิ่มความละเอียดของช่วงข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Clegg LX, Reichman ME, Miller BA, “Impact of socioeconomic status on cancer incidence and stage at diagnosis: selected findings from the surveillance, epidemiology, and end results: National Longitudinal Mortality Study. *Cancer Causes Control”*, vol 20, pp.417-35, 2009.

[2] Helvie MA, Patterson SK, Chapter 11: “Imaging Analysis:Mammography”, In: Harris JR, Lippman ME, Morrow M, Osborne CK, eds. *Diseases of the Breast*. 5th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.

[3] Kuhl, C. K, “Mammography, breast ultrasound, and magnetic resonance imaging for surveillance of women at high familial risk for breast cancer”, Journal of clinical oncology, vol 23, pp. 8469–8476, 2005.

[4] Elmore, J. G, “Ten-year risk of false positive screening mammograms and clinical breast examinations”, New England Journal of Medicine, vol 338, pp. 1089–1096, 1998.

[5] Slanetz PJ., “MRI of the breast and emerging technologies”, Accessedat https://www.uptodate.com/contents/-mri-of-the-breastand-emerging-technologies on August 23, 2019.

[6] Puliti D, Duffey SW, Miccinesi G, “Overdiagnosis in mammographic screening for breast cancer in Europe: A literature review”, J Med Screen, vol 19, pp. 42-56, 2012.

[7] Sedgwick EL, Chapter 12: “Imaging Analysis: Ultrasonography”,In: Harris JR, Lippman ME, Morrow M, Osborne CK, eds. Diseases of the Breast, 5th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.

[8] “Breast cancer. Clinical practice guidelines in oncology”. Journal of the National Comprehensive Cancer Network : JNCCN (2): 122–92, 2016

[9] T. K. Sarkar, M. S. Palma and E. L. Mokole, "Echoing Across the Years: A History of Early Radar Evolution," IEEE Microwave Magazine, vol. 17, no. 10, pp. 46 - 60, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[10] Weinstein SP, Roth SO., Chapter 12: “Imaging Analysis: Magnetic Resonance Imaging”, In: Harris JR, Lippman ME, Morrow M, Osborne CK, eds. Diseases of the Breast. 5th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.

[11] M. t. islam, M. Z. Mahmud, M. tarikul islam, S. Kibria & M.Samsuzzaman, “A Low cost and portable Microwave imaging System for Breast tumor Detection Using UWB Directional Antenna array”, 2019.

[12] W. Malfliet, “Solitary Wave Solutions of Nonlinear Wave Equations,” American Journal of Physics, Vol. 60, No. 7, pp. 650-654, 1992.

[13] W. Malfliet and W. Hereman, “The Tanh Method: I Ex- act Solutions of Nonlinear Evolution and Wave Equa- tions,” Physica Scripta, Vol. 54, No. 6, pp. 563-568, 1996.

[14] Artit Rittiplang and Pattarapong Phasukkit, “Human Movement Detection behind the Wall based on Doppler Frequency and Standard Deviation,” 2018 International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC), August 2 9-3 1, 2018, Tottori Prefectural Lifelong Learning Center, Tottori, Japan.

[15] Chuanwei Ding, Jiaming Yan, Li Zhang, Heng Zhao, Hong Hong, and Xiaohua Zhu, “Noncontact Multiple Targets Vital Sign Detection Based on VMD Algorithm,” 2017 IEEE Radar Conference

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวิจักษ์ มาระมิ่ง
วัน เดือน ปีเกิด	28 เมษายน 2531 ที่สกลนคร
ที่อยู่	5251 หมู่ 10 บ้านดอนเขือง ตำบลแวง อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลลนคร 47240 โทร.0-8436-1331-3
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2549 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแวงพิทยาคม พ.ศ. 2552 อนุปริญญา สาขาบำรุงรักษาเครื่องมือสื่อสารการบิน สถาบันการบินพลเรือน พ.ศ. 2555 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ.2553-2557	ตำแหน่งวิศวกรซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจำลองการบิน บริษัท เอเชี่ยน เอวิเอชั่น เทรนนิ่ง เซ็นเตอร์ จำกัด
พ.ศ.2553-2564	ตำแหน่งหัวหน้าวิศวกรซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจำลองการบิน ATR600 บริษัท เอเชี่ยน เอวิเอชั่น เทรนนิ่ง เซ็นเตอร์ จำกัด
พ.ศ.2559	ตีพิมพ์หัวข้อวิจัย “Investigation of breast cancer detection using UWB simulation modeling” ในงานประชุมวิชาการ “2016 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA 2016)”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้