

การจดจำเสียงพูดภาษาไทยสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก

THAI VOICE RECOGNITION FOR CONTROLLING
ELECTRICAL APPLIANCES USING DEEP LEARNING

วุฒิชัย แซ่เอี้ยว
WUTTICHAJ SAHEAW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-SC-M-002-025

การจดจำเสียงพูดภาษาไทยสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก

THAI VOICE RECOGNITION FOR CONTROLLING
ELECTRICAL APPLIANCES USING DEEP LEARNING

วุฒิชัย แซ่เอี้ยว

WUTTICHAJ SAHEAW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-SC-M-002-025

THAI VOICE RECOGNITION FOR CONTROLLING ELECTRICAL
APPLIANCES USING DEEP LEARNING

WUTTICHAJ SAHEAW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN COMPUTER SCIENCE
DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020-SC-M-002-025

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจดจำเสียงพูดภาษาไทยสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก
ชื่อนักศึกษา	วุฒิชัย แซ่เอี้ยว
รหัสประจำตัว	59605064
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.สายชล ใจเย็น
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.อนันตพร หารรรษคุณาฒย

บทคัดย่อ

เสียงพูดของมนุษย์มีลักษณะเฉพาะในแต่ละคำพูดที่สามารถใช้ฝึกสอนให้เครื่องจดจำและเรียนรู้ได้ เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการใช้เสียงภาษาไทยเพื่อควบคุมสั่งการเปิดและปิดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด และวิทยานิพนธ์นี้ทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพความถูกต้องของการทำนายเสียงพูดภาษาไทยในการสั่งการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกหลายประเภท ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวเหมาะสมสำหรับใช้ในการทำนายเสียงพูดภาษาไทยเพื่อสั่งเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า เนื่องจากโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวให้ผลประสิทธิภาพความถูกต้องดีที่สุด

คำสำคัญ : การเรียนรู้ของเครื่องเชิงลึก การเรียนรู้จำแนกเสียงพูด ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

Thesis Title	Thai Voice Recognition for Controlling Electrical Appliances Using Deep Learning
Student Name	Wuttichai Saheaw
Student ID	59605064
Degree	Master of Science
Department	Computer Science
Year	2020
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Saichon Jaiyen
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Dr. Anantaporn Hanskunatai

Abstract

Human speech possesses characteristics in each of the word that can be recognized and learned by the machine. This research proposes the use of Thai voice to control the 7 types of electrical appliances. This research has proposed the process of Multi-Layer Perceptron, Convolutional Neural Networks, and Long Short-Term Memory to test and compare the accuracy of predicting Thai voice for controlling electrical appliances. The experimental results show that Long Short-Term Memory is appropriated for predicting Thai voice for controlling electrical appliances because Long Short-Term Memory gives the best accuracy.

Keywords : Controlling Electrical Appliances, Deep Learning, Speech Recognition

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้มีอาจสำเร็จลุล่วงไปได้ หากมิได้รับคำแนะนำ คำชี้แนะ ความรู้และความเอาใจใส่จาก ผศ.ดร.สายชล ใจเย็นและ ผศ.ดร.อนันตพร ทรรษคุณาฒย์ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้สละเวลาและความรู้ให้กับข้าพเจ้าอย่างเต็มที่ จึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณ รศ.ดร.อนุชิต จิตพัฒนกุล และ รศ.ดร.จิรพร วีระพันธุ์ คณะกรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อชี้แนะจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาและญาติทุกคน ที่สนับสนุนให้กำลังใจและคำแนะนำแก่ข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่ KP Solution ที่คอยช่วยเหลือทำชุดข้อมูลเสียงพูดเพื่อการฝึกสอนของเครื่อง จนทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ร่วมรุ่น ได้แก่ นายบุญยวีร์ กรดนิยมชัย ที่ให้คำปรึกษา ให้ความรู้ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

สำหรับคุณงามความดีและประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับทุกคนที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์นี้

วุฒิชัย แซ่เอี้ยว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ต
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลเสียง.....	3
2.1.1 ประเภทของเสียง.....	4
2.1.2 สเปกโตรแกรม (Spectrogram).....	4
2.1.3 สัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล (Mel Frequency Cepstral Coefficient).....	5
2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning).....	7
2.2.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน.....	7
2.2.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning).....	8
2.2.3 การเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning).....	8
2.3 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks).....	8
2.3.1 เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron).....	11
2.4 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning).....	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks)	14
2.4.3 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory Networks)	19
2.4.4 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบซ้อนกัน	24
2.5 ปัญหาการกระชับ (Overfitting)	25
2.5.1 วิธีการออกกลางคั่น (Dropout)	25
2.5.2 วิธีการออกกลางคั่นโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำแบบทั่วไป	26
2.5.3 วิธีการออกกลางคั่นในโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำแบบแปรผัน (Variational RNN)	27
2.6 K-Fold Cross Validation	28
2.6.1 การใช้ K-Fold Cross Validation กับขั้นตอนการทำนายข้อมูล	28
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
2.7.1 Stacked LSTM Deep Learning Model for Traffic Prediction in Vehicle-to-Vehicle Communication	29
2.7.2 A Theoretically Grounded Application of Dropout in Recurrent Neural Networks	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	31
3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล	31
3.1.1 การแปลงเสียงข้อมูล	32
3.1.2 ขั้นตอนตัดเสียงเงียบหน้าและหลังออกจากไฟล์เสียง	32
3.1.3 ขั้นตอนการลดเสียงรบกวนออกจากไฟล์เสียง	33
3.1.4 ขั้นตอนสร้างสเปกโตรแกรมจากไฟล์เสียง	34
3.1.5 ขั้นตอนทำข้อมูลจากเสียงใช้คุณลักษณะสำคัญของสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ขั้นตอนการสร้างโมเดล.....	35
3.2.1 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น.....	35
3.2.2 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	35
3.2.3 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบทั่วไป	36
3.2.4 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ...	37
3.2.5 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ...	38
3.3 การวัดประสิทธิภาพของโมเดล	38
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	40
4.1 ผลการวิจัย.....	40
4.2 การอภิปรายผล	90
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	92
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก ก.....	96
ภาคผนวก ข.....	102
ประวัติผู้เขียน.....	301

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.27 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10	66
4.28 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10	67
4.29 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10	67
4.30 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10	78
4.31 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10	79
4.32 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ในการทดลองในการทำนายเสียงพูดสั่งการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู พัดลม และ ม่าน	90
4.33 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนและทำนายของโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยมากสุดในการทดลองกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	91
4.34 F1-Score เฉลี่ยที่ให้ค่ามากที่สุดในแต่ละโมเดลกับชุดข้อมูลที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	92
ข.1 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	103
ข.2 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.12 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลาย ชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ้อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	132
ข.13 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงสร้าง256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คน ละไฟล์เสียงกัน	137
ข.14 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คน ละไฟล์เสียงกัน	139
ข.15 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คน ละไฟล์เสียงกัน	141
ข.16 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละ ไฟล์เสียงกัน	144
ข.17 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละ ไฟล์เสียงกัน	146
ข.18 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงสร้าง 256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล ฝึกสอน.....	151
ข.19 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล ฝึกสอน.....	153
ข.20 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล ฝึกสอน.....	155

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.21 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล ฝึกสอน.....	158
ข.22 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุด ข้อมูลฝึกสอน	160
ข.23 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์ เสียงกัน	165
ข.24 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์ เสียงกัน	167
ข.25 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์ เสียงกัน	169
ข.26 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์ เสียงกัน	172
ข.27 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์ เสียงกัน	174
ข.28 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์ เสียงกัน	177
ข.29 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	182
ข.30 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	184

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.51 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	242
ข.52 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	244
ข.53 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	249
ข.54 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	251
ข.55 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	253
ข.56 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	256
ข.57 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	258
ข.58 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	261
ข.59 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10....	266

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.69 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10.....	294
ข.70 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10.....	296

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างคลื่นเสียง	4
2.2 ตัวอย่างสเปกโตรแกรม (Spectrogram)	5
2.3 จุดยอดของคลื่นเสียง	6
2.4 Spectral Envelope.....	6
2.5 ขั้นตอนคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์เซปตรัมบนสเกลเมล	6
2.6 การประยุกต์ใช้การเรียนรู้แบบมีผู้สอน.....	7
2.7 โครงข่ายประสาทวิทยา (Biological Neural Networks)	9
2.8 นิวรอนเทียม (Artificial Neuron)	10
2.9 เปรียบเทียบโครงข่ายนิวรอน	10
2.10 การทำงานของนิวรอน.....	11
2.11 ชั้นของโครงข่ายประสาทเทียม	12
2.12 เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น	12
2.13 การแยกคุณลักษณะของรูปของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	14
2.14 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	15
2.15 ข้อมูลนำเข้าและตัวกรองของซีเอ็นเอ็น.....	15
2.16 พังคุณลักษณะ (Feature Map).....	16
2.17 Max-Pooling.....	16
2.18 โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ	17
2.19 ประเภทรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ.....	18
2.20 สถาปัตยกรรมของ Long Short-Term Memory.....	20
2.21 ประตูลืม (Forget Gate Layer).....	20
2.22 ประตูทางเข้า (Input Gate Layer).....	21
2.23 ประตูอัปเดต (Update Cell State).....	22
2.24 ประตูทางออก (Output Gate Layer).....	23
2.25 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบหลายเซลล์.....	24
2.26 ปัญหาโอเวอร์ฟิตติ้ง.....	25
2.27 การออกกลางคัน (Dropout).....	26
2.28 วิธีออกกลางคันของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ.....	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 วิธีการออกกลางคันในโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำแบบแปรผัน.....	27
2.30 K-Fold Cross Validation ที่ $k=10$	28
2.31 การใช้ K-Fold Cross Validation กับขั้นตอนการทำนายข้อมูล	29
2.32 Stacked LSTM Network.....	30
3.1 คำสั่งแปลงนามสกุลไฟล์เสียงเป็น wav.....	32
3.2 ขั้นตอนตัดเสียงเงียบหน้าและหลังไฟล์เสียง	32
3.3 คำสั่งตัดเสียงเงียบด้วยไลบรารี FFmpeg.....	33
3.4 ขั้นตอนการลดเสียงรบกวนออกจากไฟล์เสียง	33
3.5 คำสั่งลดเสียงรบกวน.....	33
3.6 ตัวอย่างภาพสเปกโตรแกรมจากไฟล์เสียง	34
3.7 ภาพตัวอย่างข้อมูลจากเสียงใช้คุณลักษณะสำคัญของสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล	35
3.8 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	36
3.9 ขั้นตอนแปลงไฟล์เสียงเป็นข้อมูลเพื่อฝึกสอนใน LSTM.....	36
3.10 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบปกติ	37
3.11 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอ	37
3.12 การใช้ K-Fold Cross Validation กับการทำนายผลลัพธ์.....	38
4.1 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	42
4.2 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	43
4.3 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	45
4.4 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512x256x128 แบบ 1 ชั้นซ้อนชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	47
4.6 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	48
4.7 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	50
4.8 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	50
4.9 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	52
4.10 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	53
4.11 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	55
4.12 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	55
4.13 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	57

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.37 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 7	76
4.38 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 8	76
4.39 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 9	77
4.40 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 10	77
4.41 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 1	79
4.42 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 2	80
4.43 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 3	80

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.58 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 8	88
4.59 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 9	88
4.60 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 10	89
4.61 กราฟแสดงความแม่นยำเฉลี่ยแต่ละโมเดล	94
ข.1 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	118
ข.2 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512x256x128 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูล ทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	119
ข.3 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	135
ข.4 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูล ทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	136
ข.5 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม แบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่มีอยู่ใน ชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	149

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.6 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	150
ข.7 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน.....	163
ข.8 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	164
ข.9 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	180
ข.10 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	181
ข.11 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	196
ข.12 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	197
ข.13 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	213
ข.14 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน.....	214

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.15 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	230
ข.16 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	231
ข.17 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	247
ข.18 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	248
ข.19 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	264
ข.20 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	265
ข.21 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10	282
ข.22 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10	283

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.23 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ ขนาด 10.....	299
ข.24 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ ขนาด 10.....	300

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในประเทศไทยการสั่งการด้วยเสียงเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านธุรกิจ และหนึ่งในวิธีที่ทำให้เครื่องสามารถทำนายเสียงพูดได้คือการเรียนรู้จำเสียงพูดด้วยเครื่อง โดยการทำให้เครื่องเข้าใจรูปแบบหรือลักษณะของเสียงและสามารถทำนายความหมายของเสียงนั้นๆ ได้ เสียงที่พวกเราพูดกันอยู่นั้นจะมีลักษณะเฉพาะของเสียงที่สามารถตรวจจับและนำมาแปลงเป็นสัญญาณคลื่นเสียงเพื่อนำมาใช้สอนให้เครื่องเข้าใจเสียงนั้นๆ ได้ ซึ่งในปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ที่ให้บริการในการทำนายเสียงพูดเพื่อเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าอยู่มากมาย แต่ยังคงมีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น จำเป็นต้องต่อกับอินเตอร์เน็ตในการใช้งาน การทำนายเสียงภาษาไทยให้ความแม่นยำต่ำ และความปลอดภัยของข้อมูลส่วนตัว เป็นต้น และการสั่งการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าให้เปิดหรือปิดด้วยเสียงที่เป็นภาษาไทยยังเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นสำหรับผู้ทุพพลภาพที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอโมเดลการสอนและจดจำเสียงพูดภาษาไทยที่ใช้ในการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อใช้ทำนายเสียงเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก ได้แก่ โครงข่ายคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long short-Term Memory Networks) เข้ามาช่วยในการจำแนกเสียงพูดภาษาไทยที่ใช้สั่งเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู พัดลม และ ม่าน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพความถูกต้อง (Accuracy) ของแต่่วิธีว่าวิธีไหนให้ค่าความถูกต้องสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อนำเสนอวิธีการทำนายข้อมูลเสียงพูดภาษาไทยเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู พัดลม และ ม่าน เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถทำนายเสียงคำสั่งเปิดและปิดของแต่ละชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้าจากเสียงพูดที่มีความแม่นยำสูงได้
- 2) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายข้อมูลเสียงในรูปแบบภาพสเปกโตรแกรมที่เรียนรู้แบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) กับข้อมูลเสียงที่ได้จากการใช้คุณลักษณะสำคัญของสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล (Mel-Frequency Cepstral Coefficient) ที่เรียนรู้แบบโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory Networks)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ข้อมูลเสียงเป็นข้อมูลเสียงพูดภาษาไทยทั้งชายและหญิง ตั้งแต่ 2 ถึง 3 พยางค์ ในการสั่งการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตูดม และ ม่าน โดยเสียงต้องผ่านกระบวนการตัดเสียงเงียบก่อนและหลังในแต่ละไฟล์เสียง และผ่านกระบวนการลดเสียงรบกวน
- 2) วิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long short-Term Memory Networks) เพื่อใช้ในการทำนายเสียงพูด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถสร้างโมเดลที่ใช้ทำนายเสียงพูดภาษาไทยสั่งการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตูดม และ ม่าน ได้
- 2) ทราบถึงขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long short-Term Memory Networks) กับเทคนิคการตัดเสียงเงียบและการลดเสียงรบกวนของเสียง
- 3) สามารถนำผลการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกวิธีการทำนายเสียงพูดภาษาไทยสั่งการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตูดม และ ม่าน ที่เหมาะสมที่สุด

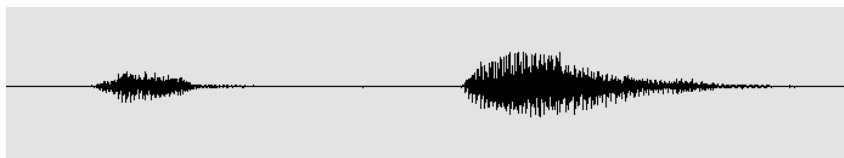
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลเสียง ที่มาของสเปกโตรแกรม (Spectrogram) และ การใช้คุณลักษณะสำคัญของสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล (Mel-Frequency Cepstral Coefficient) จากเสียง ในส่วนถัดไปจะกล่าวถึงทฤษฎีของการเรียนรู้ของเครื่องรวมไปถึงการเรียนรู้เชิงลึกของเครื่องได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Network) และการใช้โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long short-Term Memory Networks) แบบสแตกเซลล์เดี่ยว และ หลายสแตกเซลล์ และวิธีการแก้ปัญหาการกระชับ (Overfitting) ด้วยวิธีการออกกลางคันแบบทั่วไป (Dropout) และ วิธีการออกกลางคันโดยใช้เทคนิคของความน่าจะเป็น (Bayesian Model) รวมถึงทฤษฎีการใช้ K-Fold ที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ ส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ การใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบเกิดขึ้นซ้อนกันไปประยุกต์ใช้งาน

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนหรือการสั่นสะเทือนเป็นอนุกรม แล้วเคลื่อน ที่ผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศ ทุกอย่างสามารถเกิดการสั่นสะเทือนได้ คลื่นยังใช้อ้างอิงถึงแหล่งกำเนิดเสียง แหล่งกำเนิดอาจจะเป็นวัตถุพวกสาย ระฆัง โลหะ เสียงคน สัตว์หรือทุกอย่างที่ก่อกำเนิดการสั่นสะเทือนในช่วงที่หูคนเราสามารถได้ยิน คุณสมบัติสำคัญที่ทำให้เกิดคลื่นเสียงนั้นมี 7 อย่าง ได้แก่ แอมพลิจูด ความถี่ เฟส ความเร็ว ความยาวคลื่น ฮาร์มอนิก และเอ็นเวลอป และคุณสมบัติอีก 3 อย่างที่เป็นพื้นฐานคลื่นเสียงคือความเร็ว ความยาวคลื่นและเฟส คุณสมบัติเหล่านี้ใช้บอกเรื่อกว่าคลื่นเสียงเดินทางในอากาศอย่างไร ลักษณะทางกายภาพของคลื่นเคลื่อนตัวไประยะกี่เมตรต่อรอบ และเฟสของคลื่นเป็นอย่างไร โดยความดังของเสียงจะขึ้นอยู่กัช่วงกว้างของการสั่น (แอมพลิจูด) แอมพลิจูดเป็นความสูงของคลื่นเสียง มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) และการเกิดคลื่นเสียงเป็นจำนวนรอบต่อวินาทีเรียกว่า ความถี่ ส่วนที่มีความสัมพันธ์กับความถี่ที่บอกตำแหน่งคลื่นเสียงแต่ละรอบเรียกว่า เฟส โดยมีหน่วยเป็นองศาและใช้เป็นหน่วยวัดค่าเวลาระหว่างคลื่นไซน์สองขบวนหรือมากกว่า



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างคลื่นเสียง

ในปัจจุบันมีการนำข้อมูลเสียงมาใช้งานในเชิงข้อมูลดิจิทัลกันอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนาจนสามารถนำเสียงมาเก็บในรูปแบบของไฟล์ข้อมูลได้ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการศึกษาคุณลักษณะและเอกลักษณ์ของเสียงนั้นๆ ได้

2.1.1 ประเภทของเสียง

ประเภทของเสียง สามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดเสียงได้ 3 ลักษณะ

2.1.1.1 เสียงแบบต่อเนื่อง (Continuous Noise)

เป็นเสียงที่เกิดขึ้นในรูปแบบที่ต่อเนื่องกันแบ่งออกได้ 2 แบบ ได้แก่ เสียงที่เกิดการต่อเนื่องคงที่ และเสียงที่ต่อเนื่องแบบไม่คงที่

- 1) เสียงต่อเนื่องแบบคงที่ เป็นเสียงที่เกิดขึ้นโดยที่ระดับเสียงในแต่ละช่วงไม่ต่างกันเกิน 3 เดซิเบล
- 2) เสียงต่อเนื่องที่ไม่คงที่ เป็นเสียงที่เกิดขึ้นโดยที่ระดับเสียงในแต่ละช่วงไม่เกิน 10 เดซิเบล

2.1.1.2 เสียงที่เป็นช่วง (Intermittent Noise)

เสียงที่ออกมาจะมีลักษณะขาดๆ หายๆ โดยที่เดซิเบลต่ำและขึ้นสูงทันที

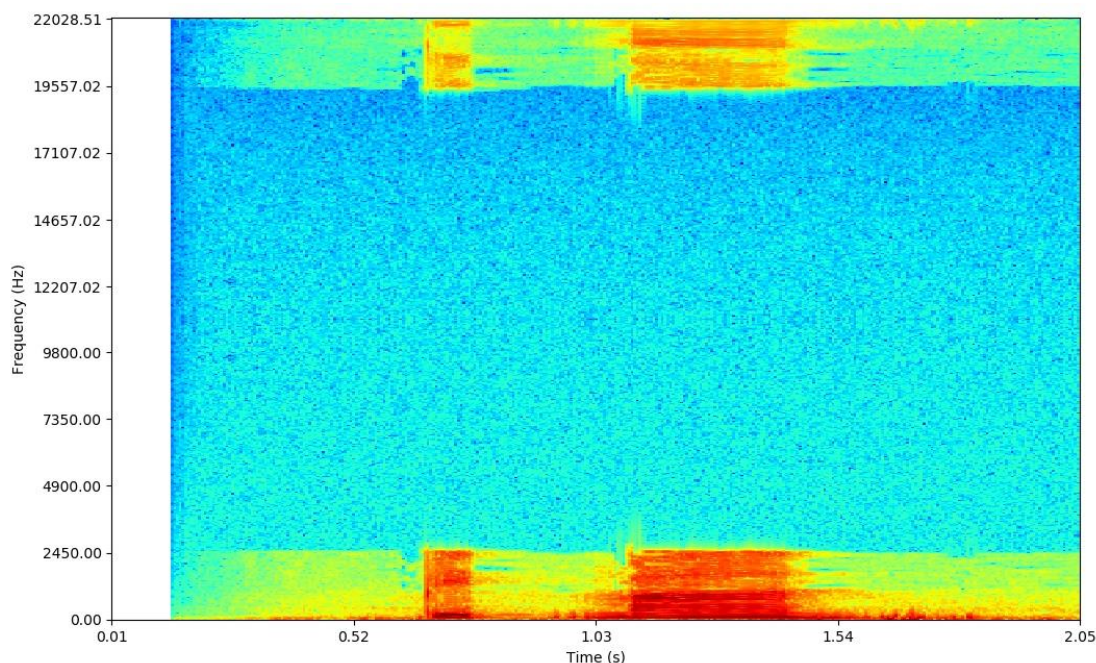
2.1.1.3 เสียงกระทบ (Impulse Noise)

เสียงจะมีลักษณะจากเสียงที่มีเดซิเบลต่ำไปเดซิเบลสูงมาก ซึ่งระยะห่างระหว่างเดซิเบล มากกว่า 40 เดซิเบล

2.1.2 สเปกโตรแกรม (Spectrogram)

คลื่นเสียงที่ประกอบไปด้วยแอมพลิจูดตามช่วงเวลาจะถูกแปลงด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์เรียกว่า FFT (Fast Fourier Transform) เพื่อให้ออกมาอยู่ในรูปแบบของความถี่ตามช่วงเวลาเรียกว่า สเปกโตรแกรม (Spectrogram) โดยความถี่ของเสียงจะมีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hertz) รูปที่ 2.2 สีแดงและสีเหลืองหมายถึง ส่วนที่มีเสียงเกิดขึ้น ส่วนสีฟ้าหมายถึงเสียงที่เป็นพื้นหลังเป็นสีที่แตกต่างจากส่วนของกราฟหลักทำให้สังเกตเห็นได้ง่ายและสีฟ้าอาจจะรวมไปถึงเสียงที่เป็นเสียงรบกวน

(Noise) ได้เช่นเดียวกัน เมื่อถูกแปลงเป็นสเปกโตรแกรมแล้วเสียงหลักจะเป็นสีแดงและเหลืองและเสียงรบกวนจะเป็นสีฟ้า

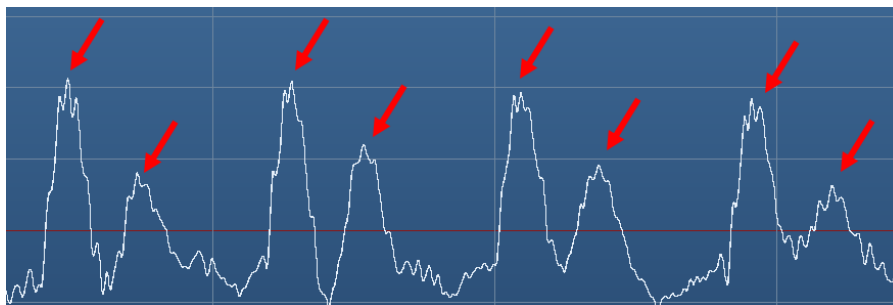


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสเปกโตรแกรม (Spectrogram)

2.1.3 สัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล (Mel Frequency Cepstral Coefficient)

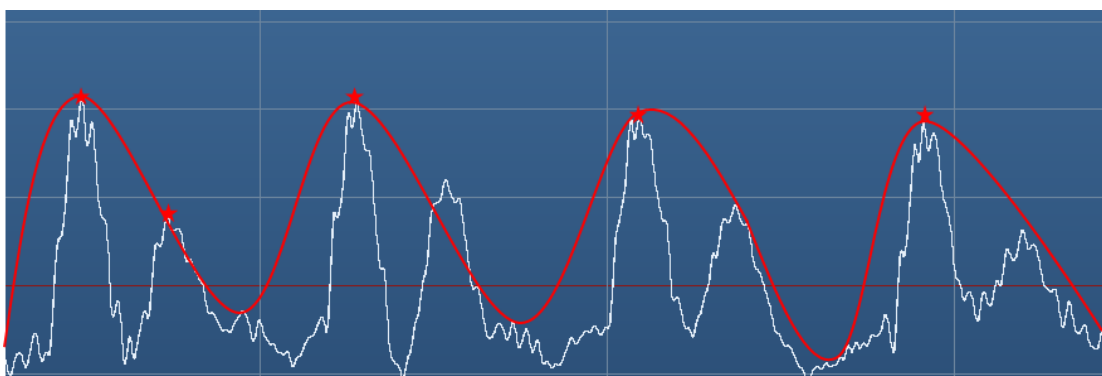
การสกัดลักษณะเด่น เป็นการดึงลักษณะเฉพาะของหน่วยเสียงแต่ละหน่วยเสียงที่แตกต่างกันออกมา แล้วให้ระบบทำการรู้จำลักษณะเด่นของหน่วยเสียงแต่ละหน่วยเสียงไว้ เมื่อสัญญาณที่เข้ามาภายหลังมีลักษณะเด่นที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกับลักษณะเด่นของหน่วยเสียงใดระบบรู้จำจะสามารถบอกได้ว่าเป็นหน่วยเสียงกลุ่มใดหรือใกล้เคียงกับหน่วยเสียงกลุ่มใดมากที่สุด และสามารถลดจำนวนข้อมูล โดยที่ข้อมูลจำนวนมากจะถูกแปลงเป็นชุดข้อมูลที่มีจำนวนน้อยลงและยังคงคุณสมบัติสำคัญของข้อมูลเดิมไว้ได้อย่างถูกต้อง และสิ่งที่เหมาะกับการสกัดลักษณะเด่นนี้คือ สัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล (Mel Frequency Cepstral Coefficient)

เซปสตรัม (Cepstrum) ได้มาจากการนำ สเปกตรัม (Spectrum) มาผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใน Spectrum จะมีจุดยอดของคลื่นความถี่หรือความถี่ที่มีลักษณะเด่นที่เป็นสิ่งที่สามารถนำมาใช้นำเสนอเป็นตัวตนของเสียง ดังในรูปที่ 2.3



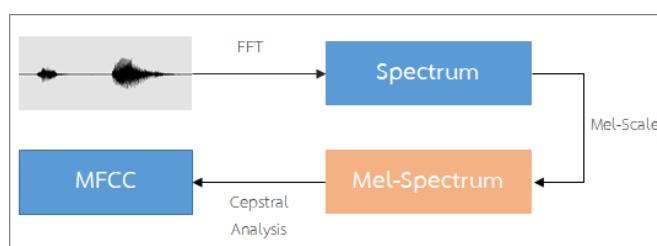
รูปที่ 2.3 จุดยอดของคลื่นเสียง

จากรูปที่ 2.3 จากจุดยอดของคลื่นจะถูกนำมาสร้างเป็นเส้นโค้งเรียบเชื่อมต่อกันเรียกว่า Spectral Envelope ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Spectral Envelope

จากการแบ่ง Spectrum จะได้ Spectral Envelope และ Spectral Detail เพื่อใช้ในการคำนวณค่าเซปสตรัม โดยการใช้ตัวกรองของเมลหรือสเกลเมลตัดคลื่นความถี่ตามช่วงเวลาโดยเสียงที่อยู่ในช่วงความถี่ต่ำจะมีตัวกรองมากกว่าในช่วงความถี่สูงเพราะว่าเสียงของมนุษย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงคลื่นความถี่ต่ำ จึงทำให้การกรองที่ได้นั้นมีประสิทธิภาพกับคลื่นเสียงของมนุษย์ เมื่อผ่านกระบวนการกรองด้วยสเกลเมลค่าจะถูกคำนวณออกมาเป็นเซปสตรัม และเมื่อนำเซปสตรัมที่ได้มาเรียงกันตามช่วงเวลาจะได้ค่าสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล (Mel Frequency Cepstral Coefficient) โดยมีขั้นตอนในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมลดังนี้



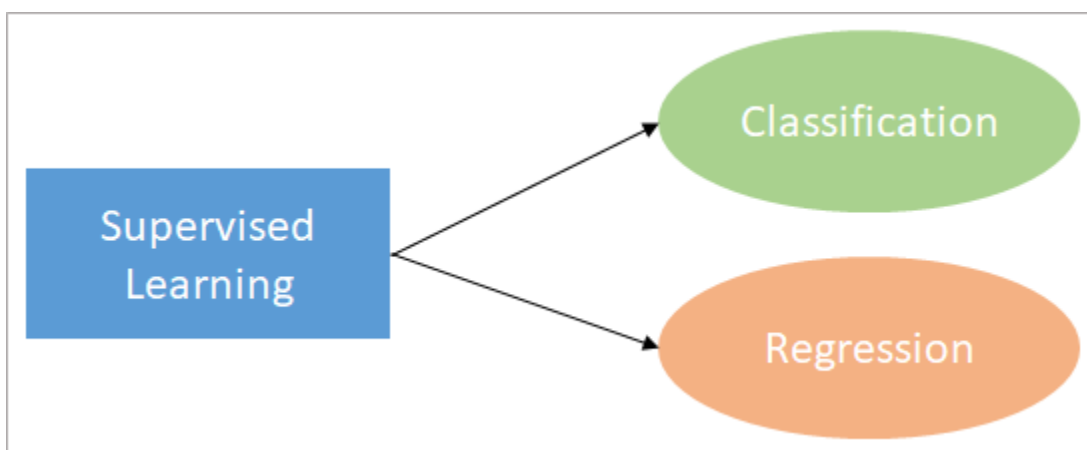
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล

2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)

การเรียนรู้ของเครื่องเป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนามาจากการศึกษาการรู้จำรูปแบบลักษณะต่างๆ ของข้อมูล และมีการสร้างอัลกอริทึมที่สามารถเรียนรู้ข้อมูลและทำนายข้อมูลได้ อัลกอริทึมนั้นจะทำงานโดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ และมีชุดข้อมูลในการฝึกสอน โดยตัวเครื่องจะทำการนำข้อมูลกับผลลัพธ์ที่ถูกต้องป้อนเข้าไปคำนวณหาอัลกอริทึมที่จะสามารถให้ผลลัพธ์ตามข้อมูลที่ป้อนเข้าไปได้ผ่านทางโมเดลคณิตศาสตร์ โดยการเรียนรู้ของเครื่องสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) และการเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning)

2.2.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน

การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) คือการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถหาคำตอบของปัญหาได้ด้วยตัวเอง หลังจากเรียนรู้จากชุดข้อมูลตัวอย่างไปแล้วระยะหนึ่ง โดยข้อมูลในการสอนจะอยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้ามาต้องผ่านกระบวนการแปลงเป็นเวกเตอร์ก่อนเพื่อที่จะทำการสอนได้และข้อมูลที่ใช้สอนจะต้องมีข้อมูลป้อนเข้าและต้องมีผลลัพธ์ที่ได้เสมอ สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) และการถดถอย (Regression)



รูปที่ 2.6 การประยุกต์ใช้การเรียนรู้แบบมีผู้สอน

2.2.1.1 การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification)

การจำแนกข้อมูลตั้งแต่ 1 กลุ่มขึ้นไป โดยต้องมีจำนวนกลุ่มที่ชัดเจนอยู่ก่อนแล้ว จากนั้นใช้อัลกอริทึมในการจำแนกประเภทข้อมูลจากข้อมูลที่รับเข้ามา การประเมินผลลัพธ์สามารถวัดค่าความแม่นยำได้

2.2.1.2 การถดถอย (Regression)

การใช้สถิติเข้ามาในการวิเคราะห์โดยศึกษาจากความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อทำนายความสัมพันธ์ของข้อมูลในอนาคต

2.2.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เป็นเทคนิคหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่อง โดยการสร้างโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล การเรียนรู้แบบนี้แตกต่างจากการเรียนรู้แบบมีผู้สอนคือ โมเดลเป็นตัวจัดกลุ่มข้อมูลจากข้อมูลที่รับเข้ามา โดยชุดข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนจะไม่มีผลลัพธ์ขนาดของกลุ่มที่จะแบ่งไว้ โดยผลลัพธ์จะได้รับการฝึกสอนทำให้เครื่องเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลจนสามารถแบ่งกลุ่มของข้อมูลได้เอง

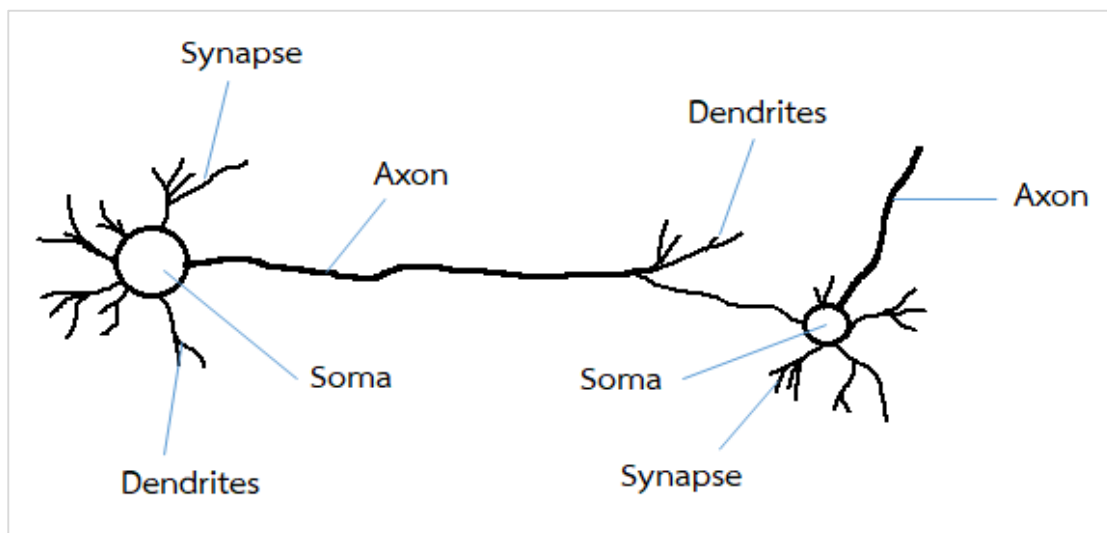
2.2.3 การเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning)

การเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning) เป็นวิธีการสอนที่ใช้สถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมเพื่อให้ได้มากที่สุดซึ่งผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยที่ผู้ถูกสอนไม่จำเป็นต้องรับรู้กฎเกณฑ์ใด เมื่อเริ่มฝึกสอนกระบวนการเรียนรู้จะเกิดจากการลองผิดลองถูกและมีการให้รางวัลเมื่อทำถูกและมีการลงโทษเมื่อกระทำผิดเช่นกัน เรียกว่า การเสริมแรงบวก และ การเสริมแรงลบ

2.3 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

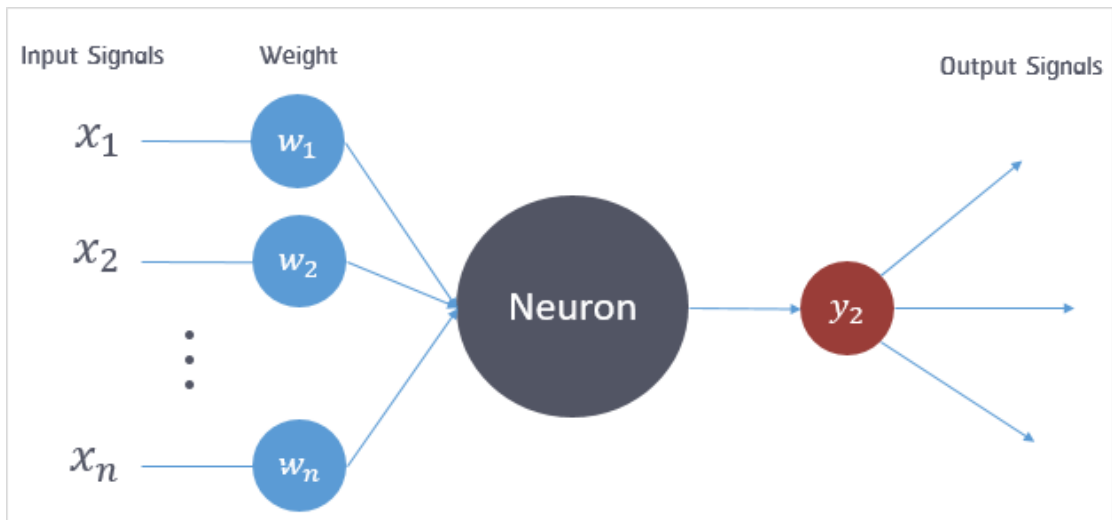
โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เกิดจากการจำลองการทำงานของสมองมนุษย์ที่มีโครงข่ายประสาทที่ทำงานเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ โดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ช่วยในการจำลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีความสามารถในการจดจำรูปแบบข้อมูลต่างๆ (Pattern Recognition) การอุปมาและการเรียนรู้จดจำข้อมูลให้ใกล้เคียงกับสมองของมนุษย์ แนวคิดของโครงข่ายประสาทเทียมเริ่มจากการศึกษาโครงข่ายประสาทวิทยา (Biological Neural Networks) ซึ่งประกอบไปด้วย โซมา (Soma) เป็นจุดประสาทรวมเพื่อใช้ประสานในการส่งรับข้อมูลไปยังจุดถัดไป เดนไดรต์ (Dendrite) เป็นจุดที่ใช้รับข้อมูลเพื่อนำไปส่งต่อให้โซมาอีกที เอกซอน (Axon) เป็น

จุดที่ใช้ส่งออกข้อมูลของเซลล์ และ ไฮแนปส์ (Synapses) เป็นตัวปรับความสมดุลของข้อมูล โดยการทำงานจะเกิดขึ้นเมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกันเองกระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่โซมาเพื่อเป็นตัวตัดสินใจว่าจะส่งข้อมูลหาเซลล์อื่นๆ ต่ออีกหรือไม่ ถ้าต้องส่งต่อไปจะกระตุ้นไปยังแอกซอนเพื่อส่งข้อมูลต่อไปยังเซลล์ถัดไป



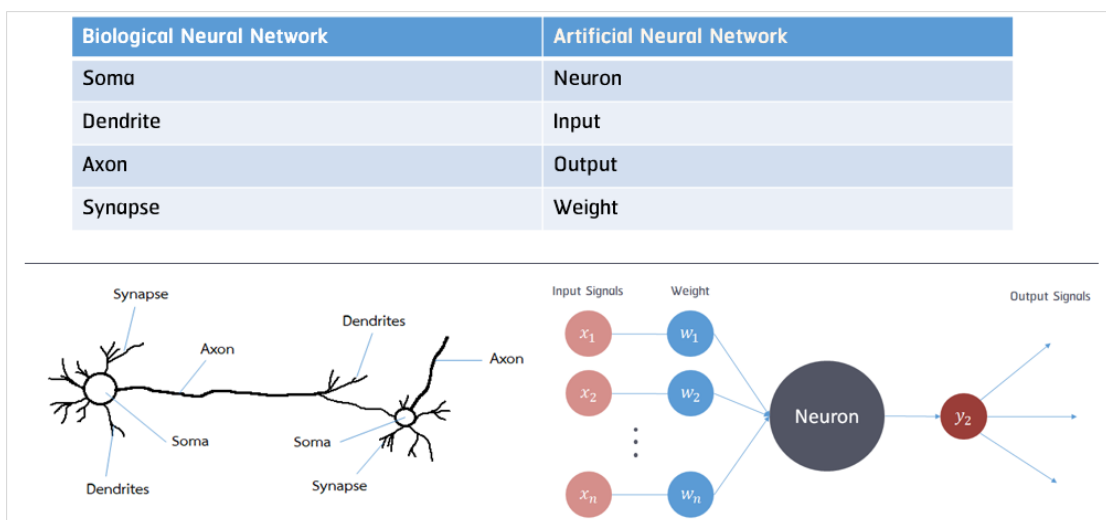
รูปที่ 2.7 โครงข่ายประสาทวิทยา (Biological Neural Networks)

จากรูปที่ 2.7 จึงได้เกิดแนวคิดพัฒนาให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้และทำงานได้เหมือนกับการทำงานของโครงข่ายประสาทวิทยา โดยโซมา (Soma) ถูกจำลองเป็นนิวรอน Neuron เพื่อใช้ตัดสินใจการรับส่งข้อมูล เดนไดรต์ (Dendrites) จำลองเป็นข้อมูลค่านำเข้า (Input) เพื่อให้นำเข้าข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังนิวรอน แอกซอน (Axon) จำลองเป็นข้อมูลส่งออก (Output) เพื่อใช้ส่งข้อมูลต่อไปยังโหนดอื่น และ ไฮแนปส์ (Synapses) จำลองเป็นน้ำหนัก (Weight) เพื่อใช้ปรับความสมดุลความถูกต้องของข้อมูล โดยการทำงานจะเป็นข้อมูลตัวเลขเท่านั้น



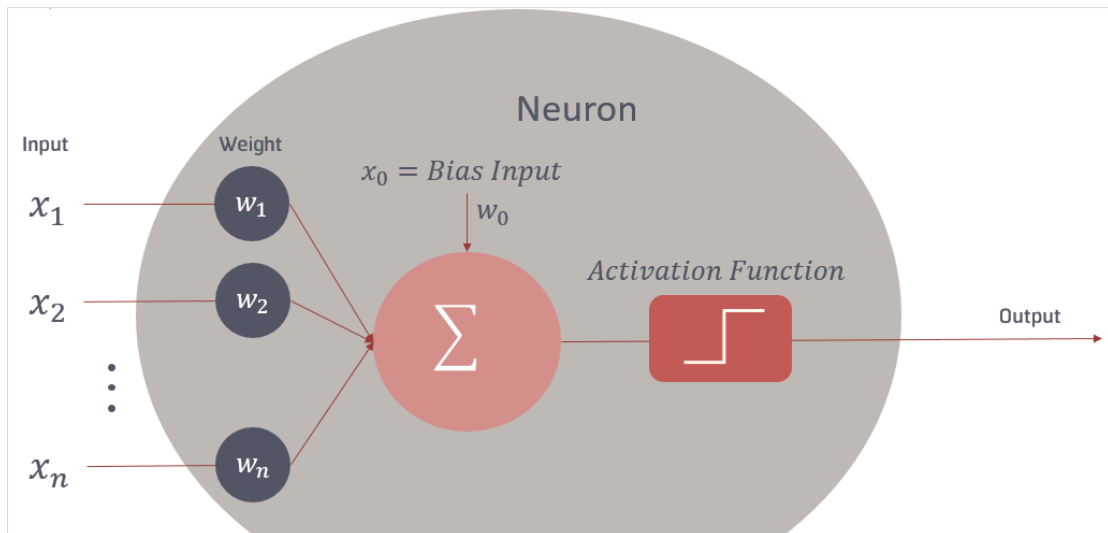
รูปที่ 2.8 นิวรอนเทียม (Artificial Neuron)

การทำงานของโครงข่ายประสาทวิทยา (Biological Neural Networks) และโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) สามารถเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบโครงข่ายนิวรอน

การทำงานของนิวรอนเทียมประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลนำเข้า (Input) น้ำหนัก (Weight) นิวรอน (Neuron) ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) และข้อมูลส่งออก (Output) ดังรูปที่ 2.10

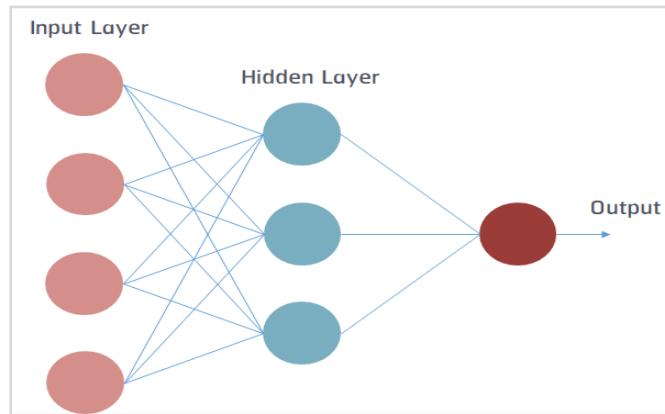


รูปที่ 2.10 การทำงานของนิวรอน

การทำงานของนิวรอน เริ่มจากข้อมูลนำเข้า (Input) แทนโดยค่า x ซึ่งข้อมูลนำเข้าจะมีหลายจำนวนขึ้นอยู่กับข้อมูลที่จะนำมาสอนและค่า n เป็นจำนวนทั้งหมดของข้อมูล เมื่อส่งข้อมูลเข้ามาที่นิวรอนจะมีน้ำหนัก (Weight) ใช้ในการคำนวณร่วมกับค่าของข้อมูลนำเข้าด้วยการนำมาคูณกันแล้วส่งต่อไปยังนิวรอน เป็นส่วนผลรวมเชิงเส้น (Summing Junction) ส่วนนี้จะนำข้อมูลผลคูณจากส่วนก่อนหน้ามารวมกับไบแอส (Bias) เพื่อจำแนกประเภทข้อมูลในนิวรอน หลังจากนั้นจะส่งต่อข้อมูลไปยังฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) ในส่วนนี้จะเป็นส่วนกรองค่าที่ได้ด้วยฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ เช่น ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) สเต็ปฟังก์ชัน (Step Function) ไซน์ฟังก์ชัน (Sign Function) และ เชิงเส้นฟังก์ชัน (Linear Function) เป็นต้น มาช่วยในการปรับผลรวมให้เป็นค่าเป้าหมาย (Target)

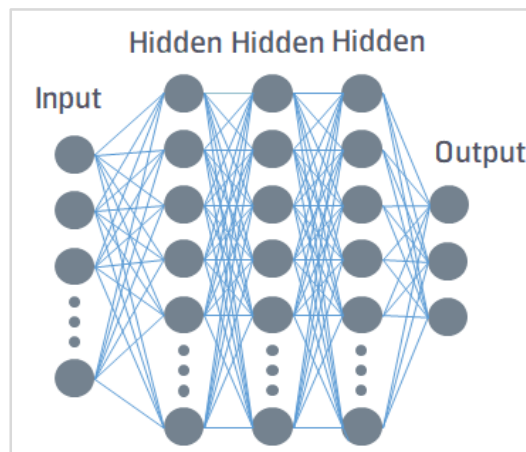
2.3.1 เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron)

โครงข่ายประสาทเทียมทั่วไปประกอบไปด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นของข้อมูลนำเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และ ชั้นข้อมูลส่งออก (Output Layer) ดังรูป 2.11



รูปที่ 2.11 ชั้นของโครงข่ายประสาทเทียม

จากรูป 2.11 จำนวนชั้นซ่อน (Hidden Layer) มีแค่ 1 ชั้น แต่ตัวโครงข่ายประสาทเทียมสามารถเพิ่มจำนวนชั้นซ่อนได้มากกว่า 1 ชั้น โดยเรียกโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนชั้นซ่อนมากกว่า 1 ชั้น ว่า เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron) ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น

เมื่อถูกสอนจะมีการป้อนข้อมูลเข้ามาจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ออกไปทางข้อมูลส่งออกจะมีการวัดค่าความผิดพลาดของผลลัพธ์ (Error Rate) โดยการเทียบกับผลลัพธ์ที่ถูกต้องกับผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลส่งออก หลังจากนั้นจะมีวิธีส่งค่าย้อนกลับเพื่อไปปรับค่าน้ำหนักให้สามารถทำนายข้อมูลออกมาในรอบถัดไปให้ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นเรียกกระบวนการนี้ว่าการส่งค่าย้อนกลับ (Back Propagation) การคำนวณค่าความผิดพลาดทั้งหมด (Error Total) หาได้ดังสมการ 2.1

$$E_{total} = \frac{\sum (y_t - y_o)^2}{2} \quad (2.1)$$

จากสมการที่ 2.1 y_t คือ ค่าผลลัพธ์เป้าหมายที่เรากำหนดไว้ก่อนแล้ว y_o คือค่าผลลัพธ์ที่ได้ เมื่อได้ค่าความผิดพลาดทั้งหมดแล้ว ค่าดังกล่าวจะนำไปใช้ส่งค่าคำนวณย้อนกลับเพื่อไปปรับน้ำหนักแต่ละตัว ถ้าค่าน้ำหนักมากก็จะถูกปรับมากถ้าค่าน้อยจะถูกปรับน้อย เรียกกระบวนการนี้ว่า การส่งผ่านย้อนกลับ (Backward Pass) ค่าวนการปรับน้ำหนักจะเริ่มจากตั้งสมการที่ 2.2

$$\frac{\partial E_t}{\partial w} = \frac{\partial E_t}{\partial o_t} \frac{\partial o_t}{\partial h_t} \frac{\partial h_t}{\partial w} \quad (2.2)$$

จากสมการที่ 2.2 จะใช้กฎของ Chain Rule ในแคลคูลัส โดยที่ w คือ ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวที่เรา กำลังสนใจ o_t คือ ข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละโหนด ค่าข้อมูลส่งออกของแต่ละโหนด หลังจากคำนวณจะได้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักนั้นๆ ที่พิจารณา หลังจากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปปรับค่าน้ำหนัก ตั้งสมการที่ 2.3

$$\Delta w = w - \text{Learning Rate} \frac{\partial E_t}{\partial w} \quad (2.3)$$

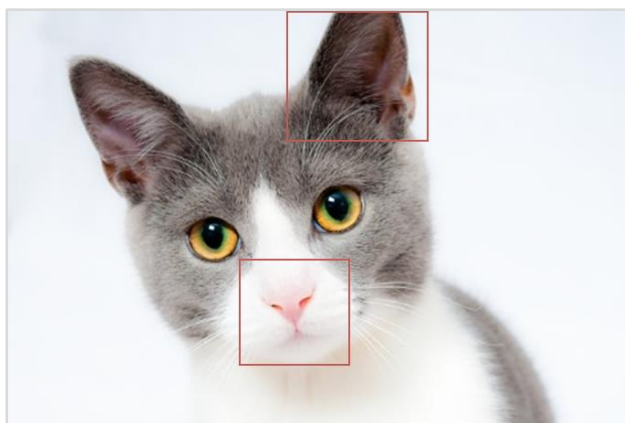
จากสมการที่ 2.3 w คือค่าน้ำหนักนั้นๆ ที่เรากำลังพิจารณา จากสมการจะได้ค่าน้ำหนักใหม่

2.4 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นสาขาของการเรียนรู้ของเครื่อง พื้นฐานของการเรียนรู้เชิงลึกคือ อัลกอริทึมที่ถูกสร้างขึ้นมาเป็นโครงข่ายหลายชั้น ทำให้สามารถแยกคุณลักษณะข้อมูลในแต่ละชั้น โดยคุณลักษณะที่ได้จะถูกถ่ายทอดจากชั้นแรกไปสู่ชั้นถัดไปเพื่อทำให้โมเดลสามารถเรียนรู้คุณลักษณะเฉพาะกับข้อมูลนั้นๆ ได้ซับซ้อนมากขึ้น ทำให้โมเดลมีประสิทธิภาพกับข้อมูลที่ซับซ้อน เช่น รูปภาพ การเรียนรู้เชิงลึกถือว่าเป็นวิธีการที่มีศักยภาพสูงในการจัดการกับข้อมูลที่ความซับซ้อนหรือมีหลายมิติ และสามารถแบ่งออกตามสถาปัตยกรรมได้เป็นหลายแบบ เช่น โครงข่ายประสาทเทียมแบบลึก (Deep Neural Networks) เป็นโครงข่ายแบบมีชั้นของชั้นซ่อนหลายชั้นแบบทั่วไป โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) เป็นโครงข่ายที่เหมาะสมในการเรียนรู้ข้อมูลประเภทรูปภาพ และโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Networks) เหมาะในการเรียนรู้กับข้อมูลที่เป็นลำดับ เช่น ข้อความ เสียง เป็นต้น ซึ่งมีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งใน การรู้จำเสียงพูด เกมส์ และ การจำแนกวัตถุในรูปภาพ เป็นต้น

2.4.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบหนึ่งที่มีความนิยมเป็นอย่างมากในการใช้ทำนายเกี่ยวกับข้อมูลรูปภาพหรือเรียกสั้นๆ ว่า ซีเอ็นเอ็น (CNN) ข้อได้เปรียบที่สำคัญของซีเอ็นเอ็นคือมันสามารถเปรียบเทียบและตรวจจับคุณสมบัติที่สำคัญโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีผู้ดูแล เช่นตัวอย่างรูปภาพแมวกับสุนัข โครงข่ายซีเอ็นเอ็น สามารถตรวจจับคุณลักษณะสำคัญของภาพและเรียนรู้คุณสมบัติที่โดดเด่นได้ด้วยตนเอง ดังนั้นจะสามารถบอกความแตกต่างกันระหว่างแมวกับสุนัขได้และสามารถทำนายภาพนั้นได้ว่าเป็นแมวหรือสุนัข มันมีหลักการการทำงานเหมือนการมองของมนุษย์โดยจะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นที่ย่อยๆและนำกลุ่มของพื้นที่ย่อยๆมาผสานกัน เพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่เป็นอะไร การมองพื้นที่ย่อยของมนุษย์จะมีการแยกคุณลักษณะ (Feature) ของพื้นที่ย่อยนั้น เช่น ลายเส้น และการตัดกันของสี ซึ่งการที่มนุษย์รู้ว่าพื้นที่ตรงนี้เป็นเส้นตรงหรือสีตัดกัน เพราะมนุษย์ดูทั้งจุดที่สนใจและบริเวณรอบ ๆ ประกอบกัน ดังรูป 2.13

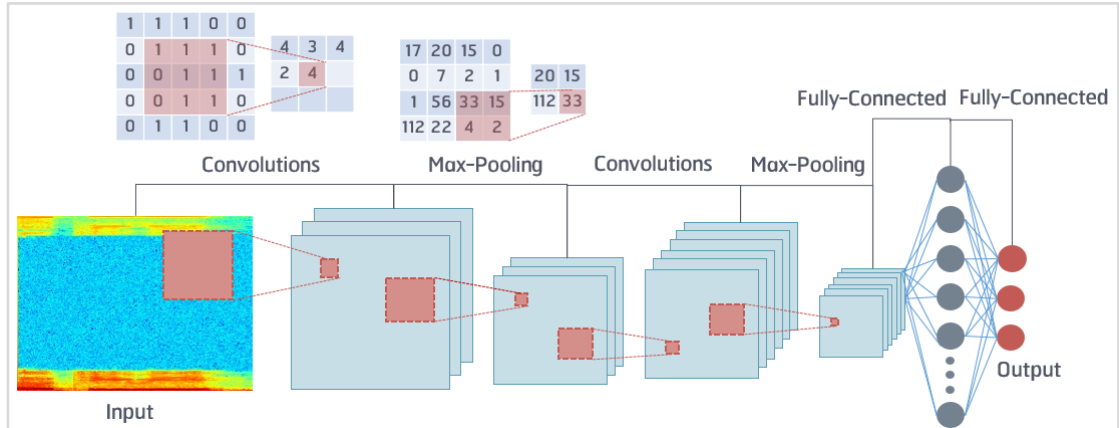


รูปที่ 2.13 การแยกคุณลักษณะของรูปของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

2.4.1.1 สถาปัตยกรรม (Architecture)

สถาปัตยกรรมของซีเอ็นเอ็น (CNN) แบ่งออกได้ 5 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ ส่วนแรกคือข้อมูลนำเข้า (Input) ส่วนที่สองคือ ส่วนที่ทำกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อรวบรวมข้อมูล 2 ชุดเข้าด้วยกัน ได้แก่ข้อมูลนำเข้า (Input) ที่รับเข้ามาในรูปแบบของข้อมูลมิติและข้อมูลตัวกรองหรือเคอร์เนล (Filter / Kernel) โดยกระบวนการนี้จะใช้ตัวกรองเพื่อคำนวณแบบเทียบกับข้อมูลนำเข้าเพื่อลดขนาดด้วยวิธีการคูณและนำมาบวกกันในแต่ละเซลล์และได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นข้อมูลมิติที่มีขนาดเล็กลง ส่วนที่สามคือ Max-Pooling คือการลดขนาดของข้อมูลเพื่อให้ครอบคลุมภาพรวมของข้อมูลโดยการลดขนาดข้อมูลที่นิยมใช้กันคือลดขนาดข้อมูลแบบใช้ค่าสูงสุด (Max-Pooling) และลดขนาดข้อมูลแบบใช้ค่าเฉลี่ย (Mean-Pooling) และส่วนที่ 4 คือ Fully-Connected เป็นส่วนสุดท้าย

ที่เชื่อมต่อข้อมูลที่ผ่านกระบวนการกรองและการกระบวนการย่อเพื่อเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม และส่วนสุดท้ายส่วนของข้อมูลส่งออก (Output) เป็นส่วนที่ส่งออกผลลัพธ์ที่ได้จากการทำนาย สถาปัตยกรรมซีเอ็นเอ็นดังรูปที่ 2.14

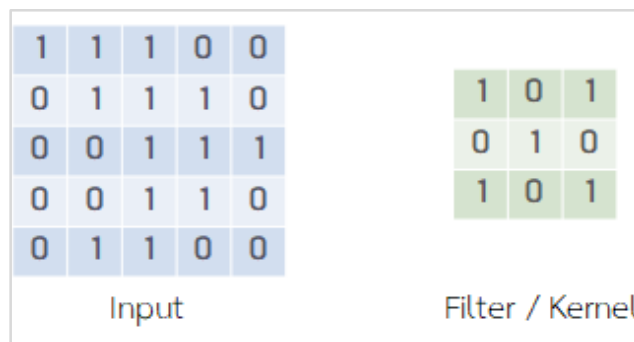


รูปที่ 2.14 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

2.4.1.2 การแยกคุณลักษณะ (Feature Extraction)

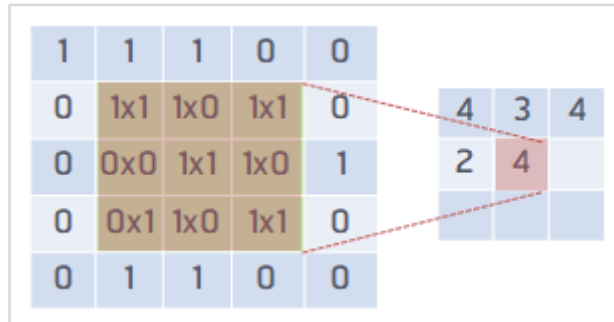
การแยกคุณลักษณะ (Feature Extraction) คือการผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อแยกคุณลักษณะเด่นเพื่อให้โครงข่ายสามารถเรียนรู้และจำจดได้ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

1) กระบวนการคอนโวลูชัน (Convolutions) เป็นการกรองข้อมูลเพื่อแยกคุณลักษณะที่ต้องการจากตัวกรอง ประกอบไปด้วยข้อมูลนำเข้าและตัวกรอง ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ข้อมูลนำเข้าและตัวกรองของซีเอ็นเอ็น

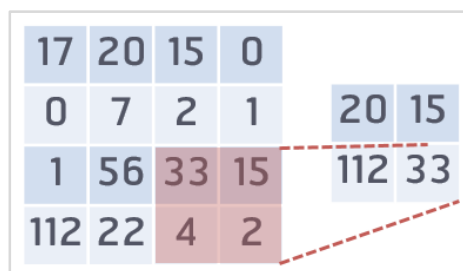
จากรูป 2.15 การทำงานตัวกรองจะซ้อนทับเทียบกันในระดับเซลล์ของแต่ละช่องข้อมูลเพื่อนำค่ามาคูณแล้วนำมาบวกกันเพื่อลดขนาดข้อมูลและได้ค่าใหม่ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ผังคุณลักษณะ (Feature Map)

จากรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าตัวกรองเมื่อนำมาเทียบกับข้อมูลนำเข้าแล้วทำการจับตัวเลขมาคูณกันตามขนาดของตัวกรองที่ตรงกันกับเซลล์ของข้อมูลและนำผลการคูณทั้งหมดมาบวกกันก็จะได้ผังคุณลักษณะ (Feature Map) ออกมา โดยลักษณะของตัวกรองนั้น 1 ตัว จะดึงคุณลักษณะของข้อมูลออกมาได้ 1 อย่าง จึงเป็นจำเป็นต้องมีตัวกรองหลายตัว เพื่อหาคุณลักษณะทางพื้นที่หลายๆ อย่าง ประกอบกัน การเลื่อนของตัวกรองสามารถกำหนดได้ว่าจะให้เลื่อนไปที่ละกี่ช่อง เรียกขั้นตอนนี้ว่า Stride and Padding

2) การย่อด้วยค่ามากที่สุด (Max-Pooling) เป็นตัวกรองแบบหนึ่งที่ทำค่ามากที่สุดในบริเวณที่ตัวกรองที่ทาบบอยู่มาเป็นผลลัพธ์ โดยเราจะเตรียมตัวกรองในลักษณะเดียวกับการกรองคุณลักษณะของซีเอ็นเอ็นมาทาบบนข้อมูลแล้วเลือกค่าที่มากที่สุดบนตัวกรองนั้นมาเป็นผลลัพธ์ใหม่ และจะเลื่อนตัวกรองไปตามระยะที่กำหนดไว้ โดยขนาดตัวกรองของการทำการย่อด้วยค่ามากที่สุด จะนิยมเรียกกันว่า ขนาดย่อ (Pool Size) ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 Max-Pooling

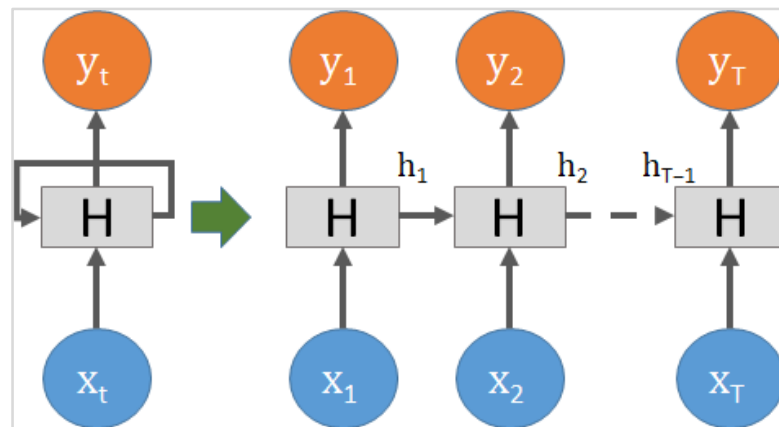
2.4.1.3 Fully Connected

Fully Connected เป็นกระบวนการสุดท้ายหลังจากผ่านกระบวนการแยกคุณลักษณะ เมื่อข้อมูลถูกส่งมาจากกระบวนการแยกคุณลักษณะจะได้ข้อมูล 3 มิติ ข้อมูลจะถูกแปลงเป็น 1 มิติ เพื่อให้ข้อมูลแบนราบเพื่อป้อนข้อมูลเข้าไปยังชั้นของ Fully Connected ซึ่งทำงานเหมือนกับโครงข่ายประสาทเทียมสามารถมีได้หลายชั้นในแต่ละชั้นนิยมใช้การออกกลางคัน (Dropout) เพื่อลดปัญหา

ข้อมูลไม่มีความคงทนต่อข้อมูลรบกวนหรือข้อมูลที่แตกต่างจากการสอน (Overfitting) และขั้นสุดท้ายจะให้ค่าของผลลัพธ์ออกมา

2.4.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Networks) คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบลึกชนิดหนึ่งนิยมเรียกว่าอาร์เอ็นเอ็น (RNN) เหมาะใช้กับข้อมูลที่เป็นลำดับหรือข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกันเป็นลำดับ เช่น เสียงพูดจะเป็นลำดับของแรงดันอากาศ ประโยคของภาษาต่างๆ ก็เป็นลำดับของตัวอักษร และ วิดีโอ เป็นลำดับของภาพและเสียง เป็นต้น โดยใช้หลักการทำงานวนซ้ำเมื่อรับข้อมูลนำเข้าแล้วทำการประมวลจนได้ข้อมูลส่งออกจะนำข้อมูลนั้นกลับมาเป็นข้อมูลนำเข้าใหม่คู่กับข้อมูลนำเข้าถัดไป เรียกว่าสถานะซ่อน (Hidden State) ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวทำให้โครงข่ายนี้สามารถรู้จำรูปแบบของลำดับของข้อมูลได้ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ

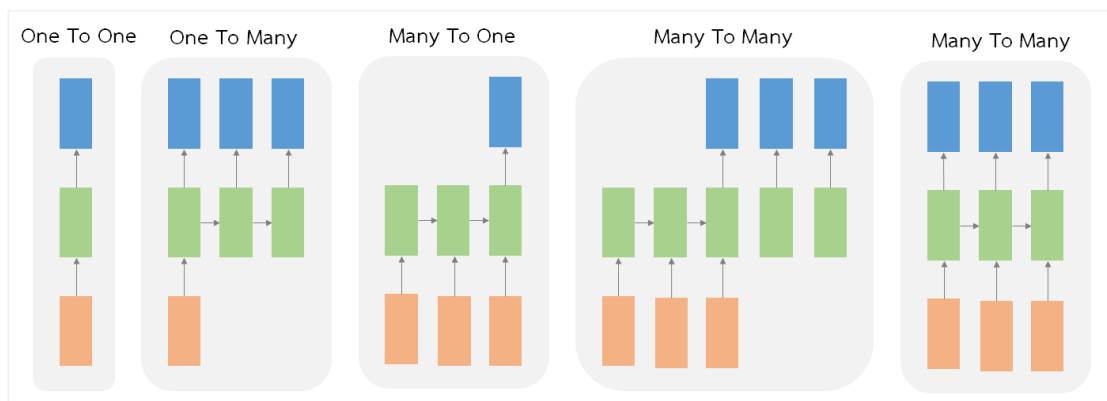
จากรูปที่ 2.18 ตัว H คือชั้นซ่อน (Hidden Layer) และ y_t คือค่าส่งออก ณ เวลาที่ t ส่วน x_t คือ ค่าข้อมูลนำเข้า ณ เวลาที่ t และ h_t คือ ค่าจากชั้นซ่อน ณ เวลาที่ t โดยจากรูปแสดงให้เห็นว่าการวนรูปกลับเข้ามาที่ชั้นซ่อนของนิวรอน การคำนวณค่าต่างๆ ดังสมการที่ 2.4 และ 2.5

$$h_t = f_h(U_h h_{t-1} + W_h x_t + b_h) \quad (2.4)$$

$$y_t = f_y(W_y h_t + b_y) \quad (2.5)$$

จากสมการที่ 2.4 และ 2.5 ค่า f_h คือ ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) ของชั้นซ่อน (Hidden Layer) f_y คือ ฟังก์ชันการกระตุ้นของชั้นส่งข้อมูลส่งออก (Output Layer) W_h คือ ค่าน้ำหนักในรูปแบบของเมทริกซ์ของชั้นซ่อน และ U_h คือ ค่าน้ำหนักของชั้นซ่อนก่อนส่งมาถึงชั้น

ปัจจุบันเก็บในรูปแบบของเมทริกซ์เช่นกัน จากสมการดังกล่าวจะเห็นว่า การได้มาซึ่งค่าผลลัพธ์ h_t ต้องใช้ตัวแปรของขั้นก่อนหน้าในการคำนวณทำให้ข้อมูลมีความเกี่ยวโยงกัน โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Networks) ยังสามารถวางรูปแบบการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลายดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ประเภทรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ

จากรูปที่ 2.19 โครงข่ายประสาทแบบวนซ้ำจำแนกรูปแบบได้ 4 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

2.4.2.1 รูปแบบ 1 ต่อ 1 (One To One)

เป็นโมเดลที่กำหนดขนาดข้อมูลนำเข้าและข้อมูลส่งออก ตัวอย่างมีการนำไปใช้ได้แก่ การจำแนกรูปภาพ (Image Classification)

2.4.2.2 รูปแบบ 1 ต่อ จำนวนมาก (One To Many)

เป็นโมเดลที่ให้ผลลัพธ์ออกไปแบบมีลำดับได้แก่ การบอกเล่าเรื่องราวในรูปภาพ

2.4.2.3 รูปแบบ จำนวนมาก ต่อ 1 (Many To One)

เป็นโมเดลที่รับข้อมูลเข้ามาเป็นลำดับแต่ให้ผลลัพธ์ออกไปค่าเดียว เช่น การทำนายอารมณ์จากข้อความ

2.4.2.4 รูปแบบ จำนวนมาก ต่อ จำนวนมาก (Many To Many)

เป็นโมเดลที่รับข้อมูลเข้ามาเป็นลำดับและให้ผลลัพธ์ออกไปเป็นลำดับเช่นกัน ในรูปแบบนี้จำแนกได้อีก 2 แบบ คือ ใส่ค่าข้อมูลนำเข้าไปประมวลผลให้เสร็จหมดก่อนจึงค่อยทำนายผลลัพธ์

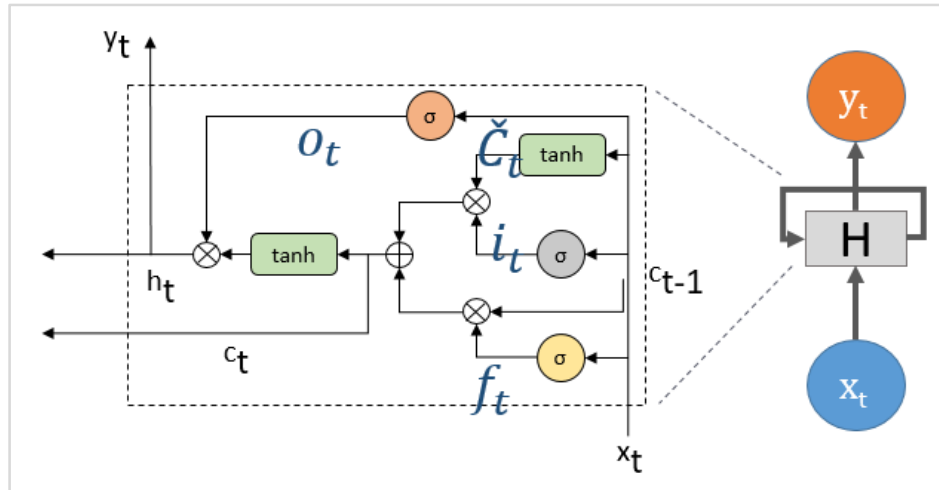
ออกมา เช่น การตอบข้อความอัตโนมัติที่ต้องอ่านข้อความทั้งหมดก่อน และอีกรูปแบบคือการใส่ข้อมูลเข้าไปประมวลผลและแสดงผลพร้อมออกมาในเวลาเดียวกัน เช่น การจำแนกข้อมูลวิดีโอที่ต้องใส่ข้อมูลเข้าไปในแต่ละเฟรมและให้ผลลัพธ์ออกมาทันทีในแต่ละเฟรมเช่นกัน

2.4.3 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory Networks)

แม้โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Networks) จะมีข้อดีในการทำงานของข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง แต่หนึ่งในข้อเสียของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำที่ต้องพบเจอคือมันสามารถย้อนกลับได้แค่เพียงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น ซึ่งปัญหาหลักของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำนั้นเกิดมาจากค่าเกรเดียนต์ (Gradient) ที่เริ่มน้อยลงเรื่อยๆ ในข้อมูลที่มีความยาวมากขึ้น จนแทบจะไม่สามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงของค่าเกรเดียนต์ได้ ซึ่งปัญหานี้ถูกเรียกว่า Vanishing Gradient Problem จากสมการการส่งค่าย้อนกลับ (Back-Propagation) ของอาร์เอ็นเอ็น ดังสมการที่ 2.6

$$\frac{\partial E_t}{\partial w} = \sum_{k=1}^t \frac{\partial E_t}{\partial o_t} \frac{\partial o_t}{\partial h_t} \frac{\partial h_t}{\partial h_k} \frac{\partial h_k}{\partial w} \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.6 ตัว E_t คือ ค่าความผิดพลาดโดยรวม o_t คือผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละโหนด h คือ ผลรวมของข้อมูลนำเข้า และ w คือค่าน้ำหนัก เป็นการใช้หลักการของ Chain Rule เพื่อหาคำตอบ ซึ่งเมื่อหลังจากผ่านการคำนวณจากสูตรข้างต้นแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการจะถูกนำไปคูณกับค่าการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ตั้งแต่ต้น แล้วเอาหักกับค่าน้ำหนักเริ่มต้น จึงจะได้เป็นค่าของน้ำหนักใหม่ ณ ตำแหน่งนั้น ๆ นั่นเอง จากสูตรดังกล่าวจะเห็นว่าค่าเกรเดียนต์ (Gradient) นั้นเมื่อถูกคำนวณไปหลายรอบ ค่าจะยิ่งลดน้อยลงจนแทบจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ แม้ข้อมูลที่เข้ามาจะมีการเปลี่ยนแปลงไปมากมายหรือยิ่งใหญ่แค่ไหนก็ตาม ซึ่งเหตุผลใหญ่ๆ ที่ทำให้ค่าเกรเดียนต์ถดถอยลงไปจนแทบไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงนั้นมาจากตัวฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) ดังนั้นจึงได้เกิดโครงข่ายที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวเรียกว่า โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory Networks) หรือนิยมเรียกย่อว่าเอลเอสทีเอ็ม (LSTM) เกิดขึ้นครั้งแรกในปี 1997 โดย Hochreiter และ Schmidhuber ซึ่งหลักการของมันคือการเก็บสถานะของแต่ละโหนดเอาไว้ เมื่อตอนย้อนกลับมาทำงานจะรู้ว่าค่านี้แท้จริงแล้วเคยเป็นค่าอะไร แต่สิ่งที่ทำให้โดดเด่นของ LSTM คือมันสามารถเลือกได้ว่าข้อมูลไหนควรจดจำ และข้อมูลไหนควรจะทำจัดทิ้งออกไปผ่านการลืมของสถานะในโหนดนั้นๆ LSTM นั้นมีสถาปัตยกรรมดังรูปที่ 2.20

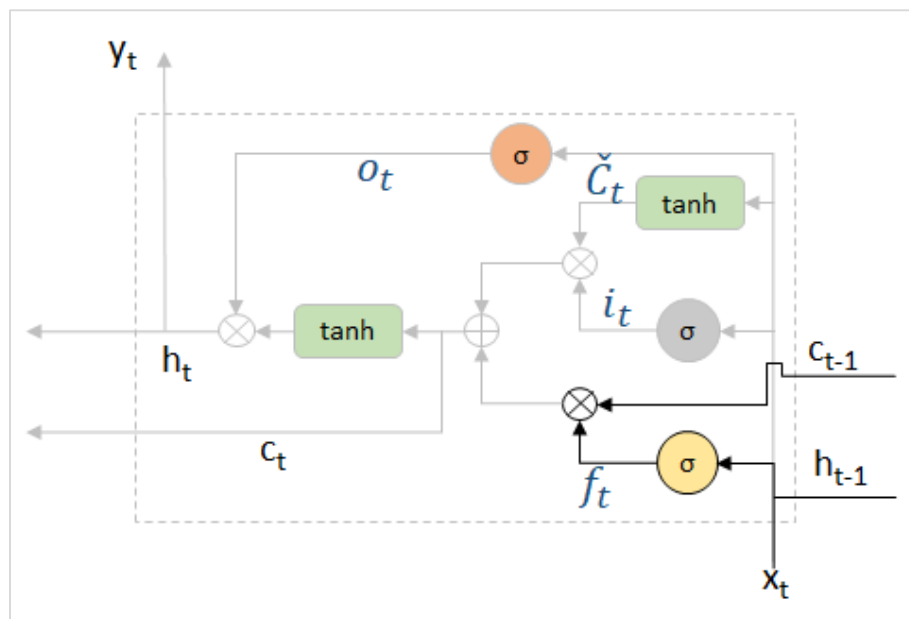


รูปที่ 2.20 สถาปัตยกรรมของ Long Short-Term Memory

จากรูปที่ 2.20 เป็นรูปภายใน LSTM ซึ่งภายในประกอบไปด้วยฟังก์ชันต่างๆ ที่ถูกใช้นำมาประกอบกันเพื่อสร้างฟังก์ชันพิเศษ อันได้แก่ การอ่านข้อมูล การเขียนข้อมูล การอัปเดตข้อมูล และการลืมข้อมูล ซึ่งทำให้การจดจำข้อมูลในแต่ละโหนดเป็นไปอย่างคล่องตัว ซึ่งฟังก์ชันพวกนี้เปรียบเสมือนประตูที่คอยควบคุมข้อมูลที่เข้ามาในแต่ละโหนดให้เป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ ประตุนี้ทั้งหมด 4 แบบ ดังต่อไปนี้

2.4.3.1 ประตูลืม (Forget Gate Layer)

มีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ประตูลืม (Forget Gate Layer)

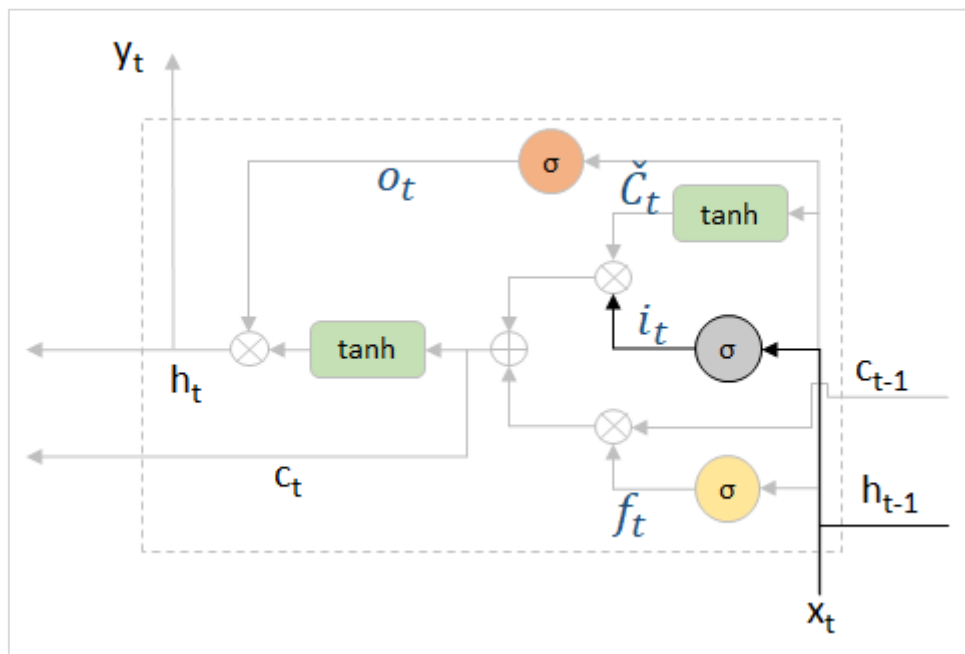
จากรูปที่ 2.2.1 ประตูลืม (Forget Gate Layer) คือประตูที่จะใช้เป็นตัวกำหนดว่า ข้อมูลที่เข้ามา นั้นสมควรที่จะได้ออกไปทั้งหมด หรือไม่สมควรที่จะมีข้อมูลใดๆ หลุดรอดออกไปได้ ซึ่งข้อมูลที่ต้องใช้ในการตัดสินใจว่าจะเก็บข้อมูลนี้ไว้หรือไม่นั้นก็มาจากข้อมูลนำเข้า ณ โหนดนั้นๆ ร่วมกับผลลัพธ์ที่ถูกคำนวณมาจากโหนด ก่อนหน้า ผ่านเข้า Sigmoid Function และนำไปคูณกับสถานะของโหนดก่อนหน้าโดยใช้สูตร Pointwise Multiplication ในการคำนวณ ดังสมการที่ 2.7

$$f_t = \sigma(W_{xf}x_t + W_{hf}h_{t-1} + b_f) \quad (2.7)$$

จากสมการที่ 2.7 ผลลัพธ์ของมันจะอยู่ที่ 0 ถึง 1 ซึ่ง 0 หมายถึง จะไม่มีข้อมูลไหนถูกส่งออกไป ในขณะที่ 1 หมายถึงปล่อยให้ข้อมูลที่เข้ามาไหลผ่านออกไปได้ทั้งหมด

2.4.3.2 ประตูทางเข้า (Input Gate Layer)

มีกระบวนการทำงานดังรูป 2.22



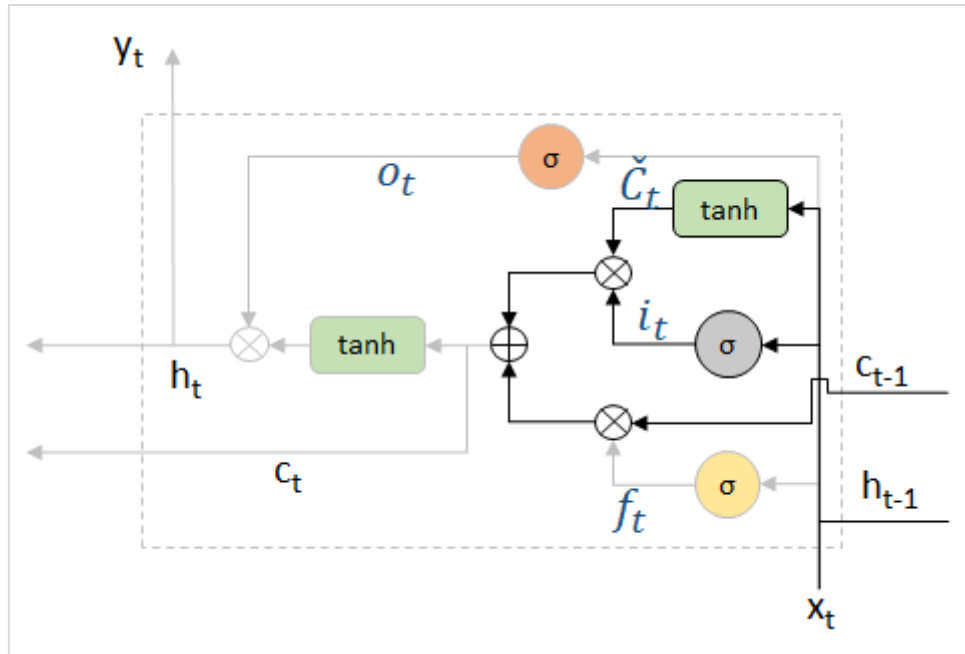
รูปที่ 2.22 ประตูทางเข้า (Input Gate Layer)

จากรูป 2.22 ประตูทางเข้า (Input Gate Layer) คือประตูที่ใช้เพื่อเปิดรับข้อมูลที่เข้ามาใหม่ เพื่อให้บันทึกลงไปในแต่ละโหนดหรือเรียกว่าการเขียนข้อมูล คำนวณได้ดังสมการที่ 2.8

$$i_t = \sigma(W_{xi}x_t + W_{hi}h_{t-1} + b_i) \quad (2.8)$$

2.4.3.3 ประตูอัปเดต (Update Cell State)

มีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ประตูอัปเดต (Update Cell State)

ระหว่างที่ประตูทางเข้า (Input Gate Layer) เปิดประตูเพื่อรับข้อมูลมาจดจำในโนหนดของตัวเอง จะมีอีกโนหนดหนึ่งที่จะถูกส่งเข้ามาสู่กระบวนการปรับเปลี่ยนค่าโดยฟังก์ชันแทน (Tanh Hyperbolic) เพื่อให้ได้อีกหนึ่งข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับข้อมูลส่งออกจากโนหนด และผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปปรับเปลี่ยนอีกครั้งตามสถานะที่ถูกคำนวณมาก่อนหน้าเพื่อส่งเป็นข้อมูลส่งออกไปสามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.9

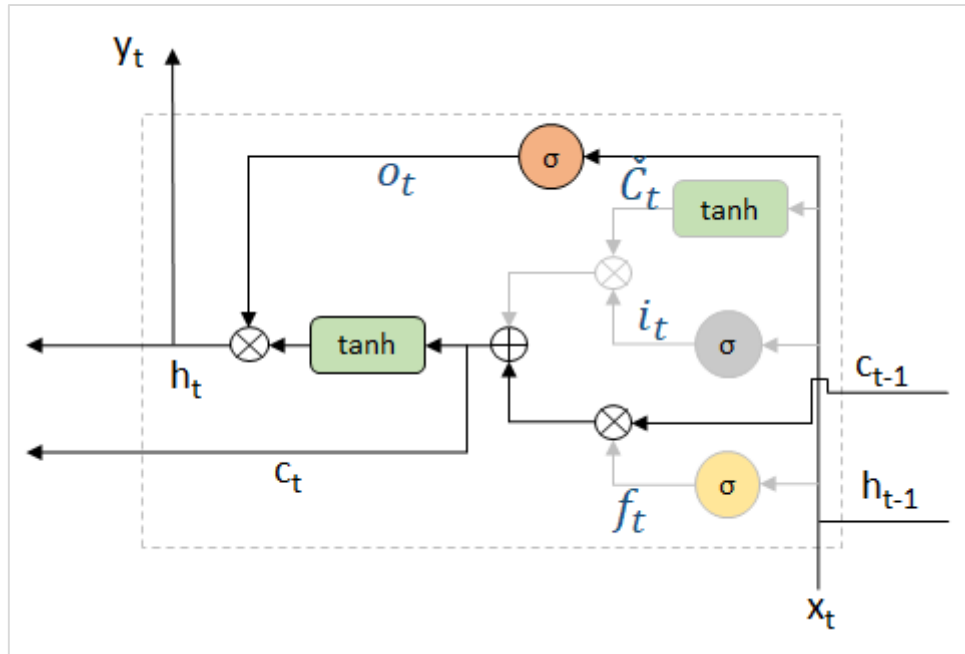
$$\tilde{c}_t = \tanh(W_x x_t + W_h h_{t-1} + b_c) \quad (2.9)$$

จากสมการที่ 2.9 หลังจากคำนวณได้ข้อมูลที่กำลังจะเป็นข้อมูลส่งออกแล้ว มันจะถูกนำไปคำนวณ Pointwise Multiplication กับข้อมูลที่ได้จากประตูทางเข้า และหลังจากได้ผลลัพธ์นี้จะถูกส่งไปรวมกับข้อมูลแรกที่ได้จากประตูลืม (Forget Gate Layer) ซึ่งถูกคำนวณ Pointwise Multiplication ไปกับสถานะจากโนหนดก่อนหน้าแล้ว ซึ่งพอกระบวนการทั้งหมดเสร็จสิ้นค่าที่ได้ออกมาจะเป็นค่าสถานะใหม่ของโนหนดนั้นๆ ที่ผ่านการอัปเดตสถานะจากโนหนดก่อนหน้าแล้ว สามารถคำนวณดังสมการที่ 2.10

$$c_t = f_t \cdot c_{t-1} + i_t \cdot \tilde{c}_t \quad (2.10)$$

2.4.3.4 ประตูทางออก (Output Gate Layer)

มีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ประตูทางออก (Output Gate Layer)

จากรูปที่ 2.24 ประตูทางออก (Output Gate Layer) คือประตูที่ใช้บอกว่าข้อมูลเตรียมพร้อมที่จะเป็นข้อมูลส่งออกแล้วหรือยัง ซึ่งข้อมูลส่งออกของแต่ละโหนดใน LSTM นั้นมีด้วยกันทั้งหมด 3 แห่ง แต่มีเพียง 2 ค่า ค่าแรกคือค่าที่เกิดจากคำนวณโดยมีการปรับเปลี่ยนสถานะแล้ว ซึ่งถูกคำนวณจากขั้นตอนประตูอัปเดต (Update Cell State) ค่านี้จะถูกส่งต่อทันทีโดยไม่ผ่านฟังก์ชันใดๆ ไปยังโหนด ถัดไป และอีกค่าคือ ค่าของข้อมูลนำเข้าที่ถูกดัดแปลงผ่านการคำนวณในประตูทางออกค่านี้จะถูกส่งต่อไปเป็นข้อมูลนำเข้าของโหนดถัดไป และยังถูกส่งไปเป็นผลลัพธ์ของโหนดนั้นๆ ด้วย สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.11

$$o_t = \sigma(W_{x^o}x_t + W_{h^o}h_{t-1} + b_o) \quad (2.11)$$

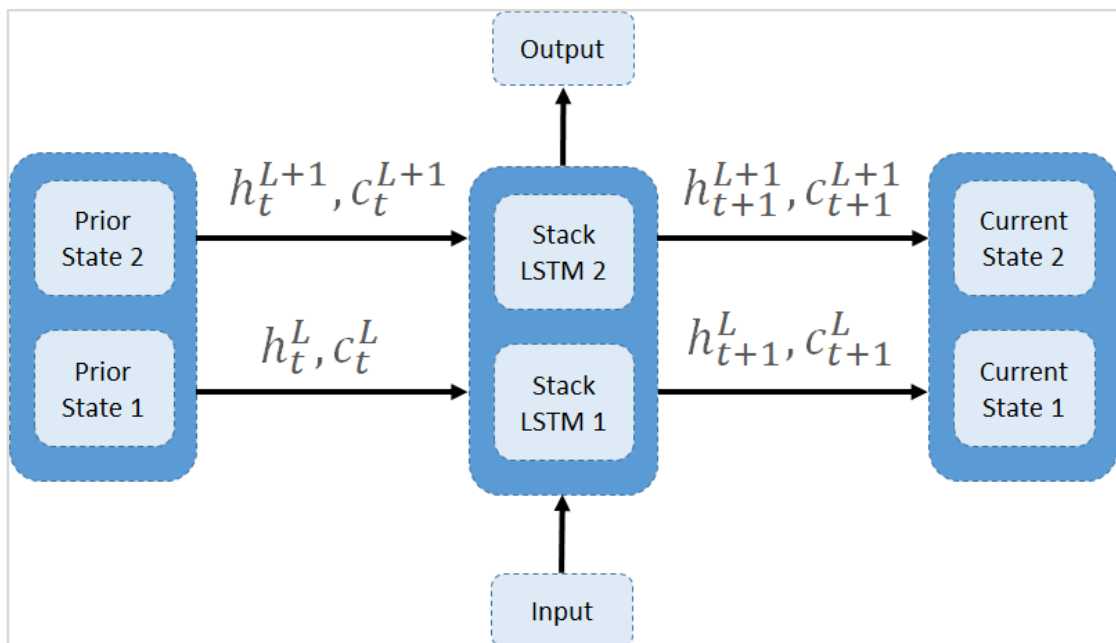
จากสมการที่ 2.10 หลังจากที่มีนผ่านการคำนวณค่า Sigmoid แล้ว มันจะถูกนำมาคำนวณ Pointwise Multiplication กับค่าสถานะปัจจุบันของโหนดที่ได้ถูกคำนวณมาเรียบร้อยแล้วจากประตูบานอื่นที่ผ่านมา ซึ่งค่าสถานะนั้นจะถูกนำไปเข้าฟังก์ชันแทน (Tanh) แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาคำนวณ Pointwise Multiplication กับค่าที่ออกมาจาก Sigmoid function ดังสมการที่ 2.12

$$h_t = o_t \cdot \tanh(c_t) \quad (2.12)$$

ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการที่ 2.12 จะถูกแบ่งออกไปเป็นสองข้อมูลคือผลลัพธ์ของโหนดนั้น ๆ และข้อมูลที่จะถูกส่งต่อไปเป็นข้อมูลนำเข้าไปในโหนดถัดไป

2.4.4 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบซ้อนกัน

ในโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวสามารถเพิ่มความจุความลึกให้กับโครงข่ายได้ คือ การซ้อนชั้นของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (LSTM Layer) ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบหลายเซลล์

จากรูปที่ 2.25 จะเห็นว่าเมื่อแต่ละเซลล์ LSTM ทำงานเสร็จส่งข้อมูลไปยังเซลล์ LSTM ถัดไปตัว L คือชั้นของเซลล์ การคำนวณค่าจะเหมือนกับโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวทุกอย่างแต่มีจำนวนชั้นของเซลล์เพิ่มเข้ามา สามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 และ 2.18

$$f_t^L = \sigma(W_{x_f}^L h_t^{L-1} + W_{h_f}^L h_{t-1}^L + b_f^L) \quad (2.13)$$

$$i_t^L = \sigma(W_{x_i}^L h_t^{L-1} + W_{h_i}^L h_{t-1}^L + b_i^L) \quad (2.14)$$

$$\check{c}_t^L = \sigma(W_{x_c}^L h_t^{L-1} + W_{h_c}^L h_{t-1}^L + b_c^L) \quad (2.15)$$

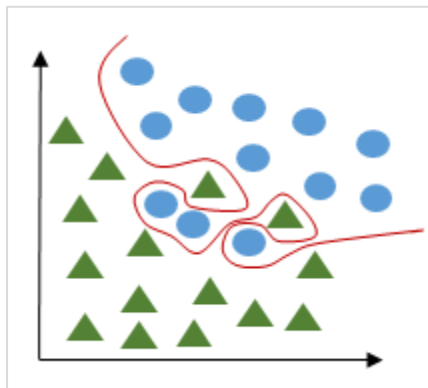
$$c_t^L = f_t^L \cdot c_{t-1}^L + i_t^L \cdot \tilde{c}_t^L \quad (2.16)$$

$$o_t^L = \sigma(W_{x^o}^L h_t^{L-1} + W_{h^o}^L h_{t-1}^L + b_o^L) \quad (2.17)$$

$$h_t^L = o_t^L \cdot \tanh(c_t^L) \quad (2.18)$$

2.5 ปัญหาการกระชับ (Overfitting)

ปัญหาการกระชับ (Overfitting) คือ การที่โมเดลตอบสนองต่อการรบกวน (Noise) จำนวนมากจนเริ่มเรียนจากการรบกวนและรายละเอียดของข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง แล้วโมเดลของเราจะไม่เหมาะสมสำหรับการสามารถทำนายข้อมูล เช่น ทำนายข้อมูลที่ไม่เคยมีตัวอย่างในการฝึกสอนจะมีความผิดพลาดสูง เพราะมีรายละเอียดและการรบกวนมากเกินไปมักเกินกับข้อมูลที่มีค่าความแปรปรวนสูง ดังภาพที่ 2.26



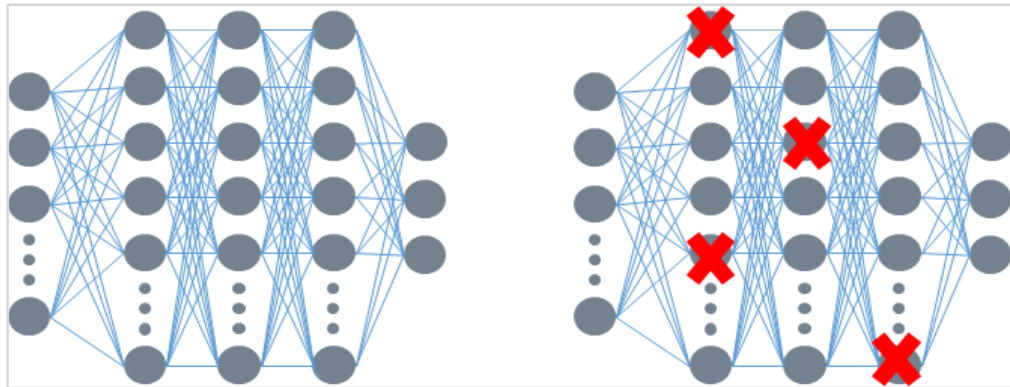
รูปที่ 2.26 ปัญหาโอเวอร์ฟิตติ้ง

จากรูที่ 2.26 จะเห็นว่าเส้นที่ใช้แยกข้อมูลมีลักษณะกระชับตามข้อมูลมากเกินไป ซึ่งมีวิธีแก้ปัญหการกระชับ (Overfitting) ได้หลายวิธี เช่น การทำ Cross Validation ตอนฝึกสอน หรือการใช้วิธีออกกลางคัน ซึ่งจะใช้ในเฉพาะโครงข่ายประเภทเชิงลึก

2.5.1 วิธีการออกกลางคัน (Dropout)

โครงข่ายการเรียนรู้เชิงลึกมักจะมีปัญหาการกระชับ (Overfitting) เมื่อฝึกสอนกับชุดข้อมูลที่มีขนาดเล็ก ซึ่งสามารถแก้ปัญหได้หลายวิธี เช่น การสร้างหลายๆ โมเดลแล้วเอาผลลัพธ์มาเฉลี่ยกัน แต่การทำวิธีนี้ทั้งสิ้นเปลืองทรัพยากร เวลา และต้องคอยดูแลหลายโมเดล และอีกวิธีคือการทำการออกกลางคัน (Dropout) เป็นการสุ่มถอดบางโหนดออกในระหว่างการฝึกสอน ทำให้การฝึกสอนไม่เกิด

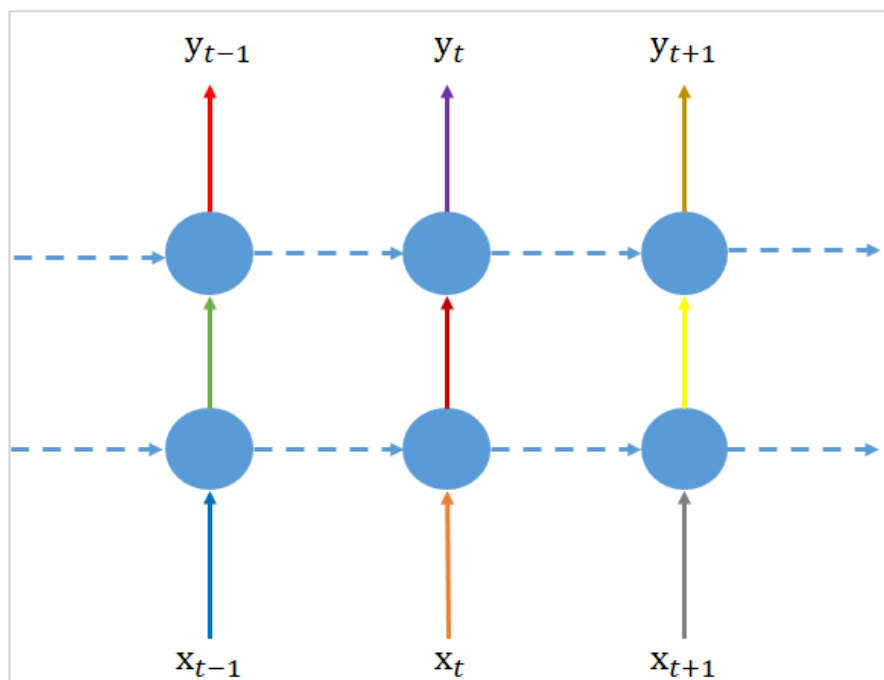
ปัญหาขึ้นกับข้อมูลที่น้อยเกินไป โดยการกำหนดใช้งานจะใช้เป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ในการจะให้ตัดโหนดออก ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 การออกกลางคืน (Dropout)

2.5.2 วิธีการออกกลางคืนโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำแบบทั่วไป

ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำที่มีการใช้การออกกลางคืนจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.28



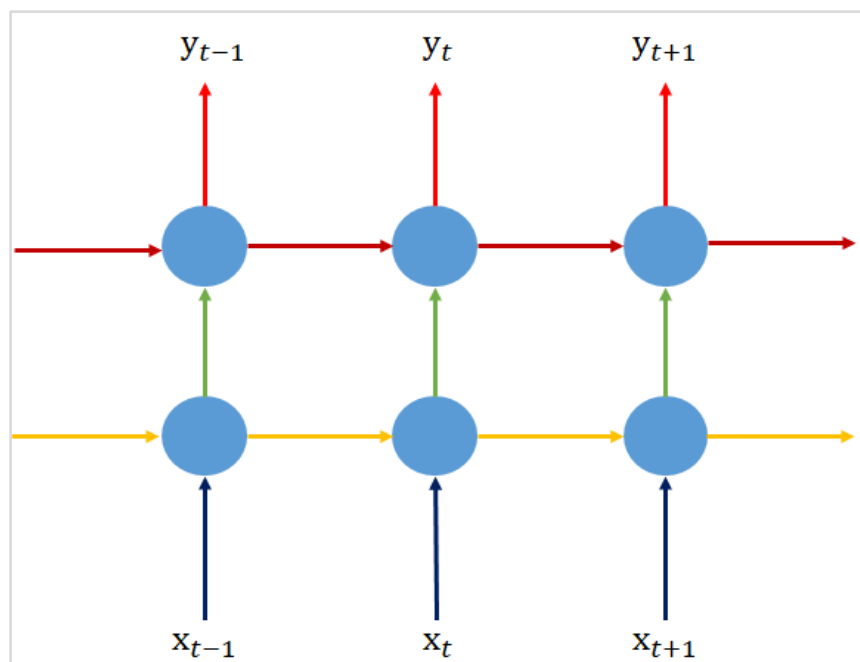
รูปที่ 2.28 วิธีออกกลางคืนของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ

จากรูปที่ 2.28 สีของลูกศรแทนด้วยการสุ่มอัตราการออกกลางคืน ทำให้เห็นว่ามีมีการใช้การออกกลางคืนที่ต้องสุ่มแตกต่างกันในแต่ละข้อมูลนำเข้าและข้อมูลส่งออกในแต่ละชั้นของโครงข่ายประสาท

เทียม และลูกศรที่เป็นเส้นประหมายถึงไม่มีการใช้การออกกลางคั่นนั้นหมายความว่าในการส่งข้อมูลจากสถานะซ่อนก่อนหน้าไปเป็นข้อมูลนำเข้าถัดไปไม่มีการใช้วิธีกลางออกกลางคั่น และการออกกลางคั่นจากภาพในแต่ละขั้นตอนเวลา (Time Step) ยังไม่มีความเกี่ยวข้องกันอีกด้วย อาจทำให้ประสิทธิภาพการต้านทานข้อมูลรบกวนไม่ดีมากพอ

2.5.3 วิธีการออกกลางคั่นในโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำแบบแปรผัน (Variational RNN)

วิธีการออกกลางคั่นในโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำแบบแปรผัน (Variational RNN) เป็นวิธีการนำเสนอเกี่ยวกับการใช้วิธีการออกกลางคั่น (Dropout) แบบใช้ตัวแปรกับสมการความน่าจะเป็นเข้ามาร่วม (Bayesian Model) โดย YarinGal และ ZoubinGhahramani ในงานวิจัยหัวข้อ A Theoretically Grounded Application of Dropout in Recurrent Neural Networks ในปี 2559 เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำวิธีการออกกลางคั่น มีขั้นตอนดังรูปที่ 2.29

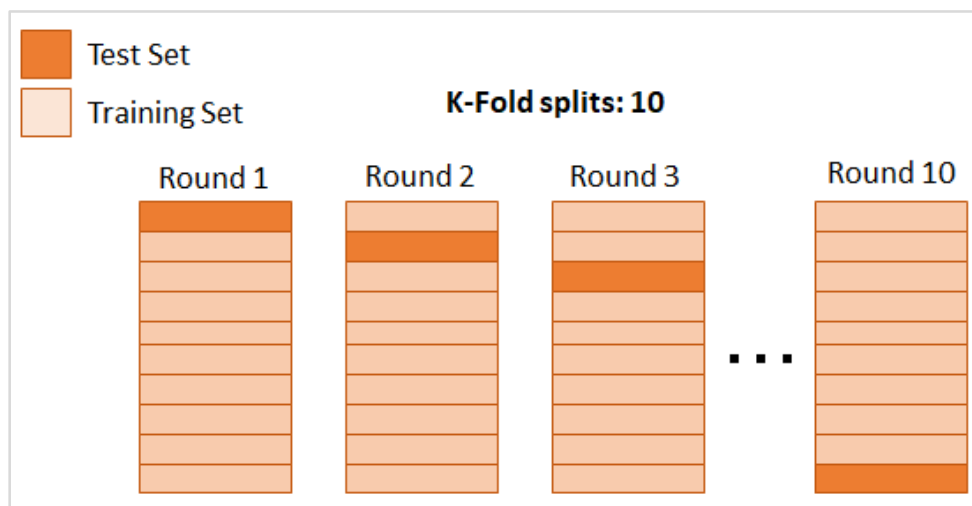


รูปที่ 2.29 วิธีการออกกลางคั่นในโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำแบบแปรผัน

จากรูปที่ 2.29 สีของลูกศรแทนด้วยการสุ่มอัตราการออกกลางคั่น นั้นหมายความว่าค่าการออกกลางคั่นจะถูกใช้ร่วมกันทั้งในข้อมูลนำเข้าทั้งหมด และข้อมูลส่งออก รวมไปถึงการใช้ระหว่างชั้นซ่อนตอนส่งค่าจากสถานะก่อนหน้าไปยังข้อมูลนำเข้าของขั้นถัดไป ทำให้ตัวโครงข่ายมีการใช้ค่าการออกกลางคั่นที่สอดคล้องกันไม่ได้เกิดจากการสุ่มใหม่ทุกครั้งและยังเป็นการใช้กฎของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงค่าออกกลางคั่นในรอบถัดไปอีกด้วยจากข้อมูลก่อนหน้า

2.6 K-Fold Cross Validation

K-Fold Cross Validation เป็นหนึ่งในเทคนิคการทำวิธีการสุ่มตัวอย่าง โดยมีวิธีการแบ่งข้อมูลเป็น k ส่วนเท่าๆ กัน เพื่อสร้างและทดสอบโมเดล (Train and Validate) คำนวณค่าเฉลี่ยความถูกต้อง (Accuracy) หรือค่าความผิดพลาด (Error) ก่อนที่จะนำโมเดลไปใช้ทำนายข้อมูล ดังรูปที่ 2.30

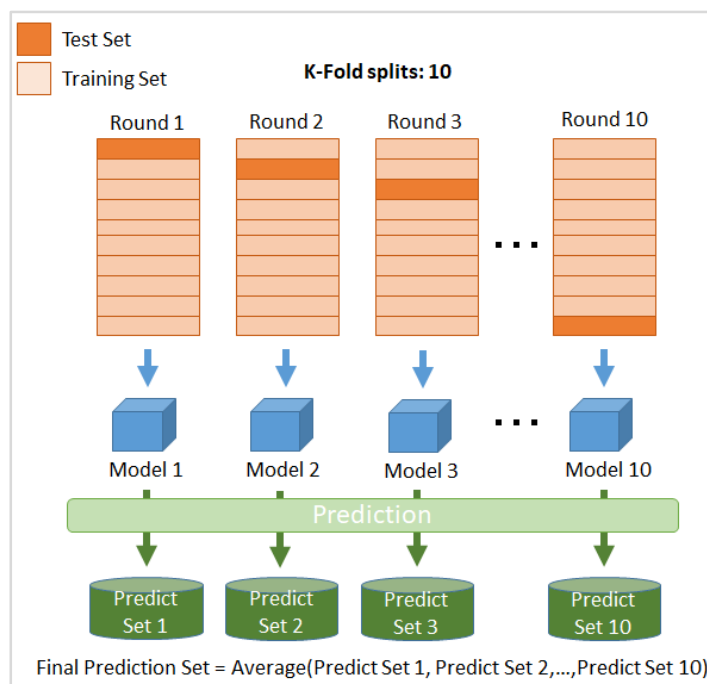


รูปที่ 2.30 K-Fold Cross Validation ที่ $k=10$

จากรูปที่ 2.30 จะเห็นว่าการแบ่งข้อมูลเพื่อใช้ทดสอบกับข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนในอัตรา 1 ต่อ 10 โดยจะทดสอบทั้งหมด 10 รอบ จะช่วยลดปัญหาการกระชับ (Overfitting) การทำ K-Fold Cross Validation ยังสามารถทำได้ทั้งในขณะฝึกสอนและใช้ต่อในกระบวนการทำนายข้อมูลได้ด้วย

2.6.1 การใช้ K-Fold Cross Validation กับขั้นตอนการทำนายข้อมูล

การใช้ K-Fold Cross Validation สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำนายข้อมูลหลังจากฝึกสอนเสร็จแล้วได้ โดยมีกระบวนการดังรูปที่ 2.31



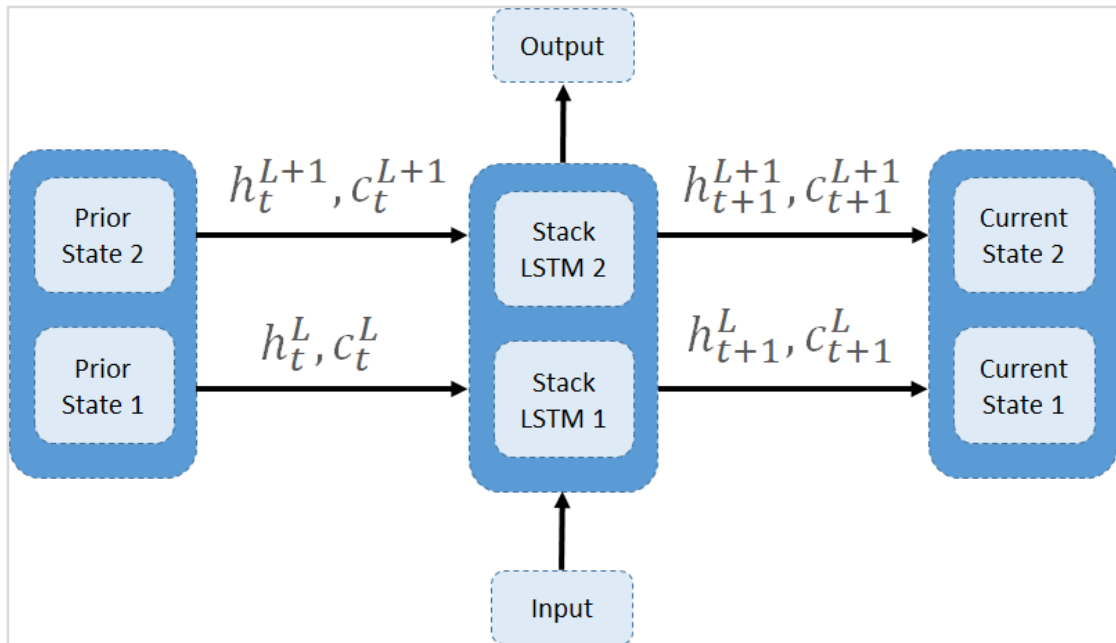
รูปที่ 2.31 การใช้ K-Fold Cross Validation กับขั้นตอนการทำนายข้อมูล

จากรูปที่ 2.31 มีการใช้ K-Fold Cross Validation ที่ k เท่ากับ 10 โดยเริ่มจากการแบ่งข้อมูลเพื่อฝึกสอนและมีข้อมูลเพื่อทดสอบอยู่ทั้งหมด 10 ชุด แต่ละชุดในขณะที่ได้รับฝึกสอนจะบันทึกค่าน้ำหนักของแต่ละรอบการฝึกสอนไว้จนกระทั่งฝึกสอนครบทั้งทั้งหมดจะได้ข้อมูลค่าน้ำหนัก 10 ชุดของการฝึกสอนแต่ละชุดข้อมูลที่แบ่งไว้ทั้งหมด หลังจากนั้นเมื่อเริ่มกระบวนการทำนายข้อมูลจะใช้ข้อมูลค่าน้ำหนักแต่ละชุดทำนายข้อมูลออกมา หลังจากทำครบทั้งหมดจะได้ค่าการทำนายผลลัพธ์ที่ได้ 10 ชุด อาจอยู่ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ในแต่ละคลาส หลังจากนั้นจะนำค่าทำนายทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาผลค่าทำนายที่มีการเฉลี่ยสูงสุดจึงค่อยแสดงผลการทำนายที่ได้ออกไป

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 Stacked LSTM Deep Learning Model for Traffic Prediction in Vehicle-to-Vehicle Communication

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการใช้โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory Networks) ในการแก้ปัญหาจราจรแต่ที่สำคัญคืองานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการซ้อนของ LSTM เซลล์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลการทำนายกระบวนการดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 Stacked LSTM Network

2.7.2 A Theoretically Grounded Application of Dropout in Recurrent Neural Networks

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้วิธีการออกกลางคัน (Dropout) ที่ใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Networks) โดยใช้เทคนิคความน่าจะเป็น (Bayesian Model) เพื่อให้วิธีการออกกลางคันสัมพันธ์กันทั้งในข้อมูลนำเข้าและข้อมูลออกรวมไปถึงในระดับชั้นซ่อน ใช้ความสามารถของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำที่มีพฤติกรรมใช้ผลลัพธ์ก่อนสถานะก่อนหน้ามาใช้ร่วมกันกับข้อมูลนำเข้าทำให้สามารถใช้ความน่าจะเป็นจากเหตุการณ์ที่เกิดก่อนหน้าเพื่อทำนายเหตุการณ์ถัดไปได้ในวิธีการออกกลางคัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำชุดข้อมูลเสียงก่อนนำมาฝึกสอนและขั้นตอนการสร้างโมเดลเพื่อใช้เรียนรู้และทำนายเสียงพูดเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตูดัง พัดลม และ ม่าน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long short-Term Memory) โดยมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล ขั้นตอนการสร้างโมเดล และขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของโมเดล

3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

ชุดข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลเสียงพูดทั้งชายและหญิงจำนวน 47 คน ที่ได้เก็บรวบรวมขึ้นเอง เป็นเสียงพูดเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตูดัง พัดลม และ ม่าน แบ่งเป็นชาย 22 คน และ หญิง 25 คน และพูดคนละ 3 ถึง 5 เสียงต่อประเภทปิดและเปิดต่อประเภทเครื่องไฟฟ้าแต่ละชนิด รวมทั้งหมด 2,790 เสียง โดยที่มีความยาวของเสียงพูดไม่เท่ากัน และไม่ได้พูดในห้องเงียบ เสียงพูดจะมีเสียงรบกวนตามสภาพแวดล้อมปกติไม่ว่าจะเป็น เสียงพัดลม เสียงรถยนต์ หรือแม้กระทั่งเสียงบุคคลอื่นพูดคุยซ้อนเข้ามา มีพยางค์ของเสียงพูดตั้งแต่ 2 ถึง 3 พยางค์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชุดข้อมูลเสียงเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด

คลาส	สัทอักษรสากล	พยางค์	จำนวน
ปิดไฟ	pit + faj	2	248
เปิดไฟ	pʰi:t + faj	2	254
ปิดแอร์	pit + ʔɛ:	2	245
เปิดแอร์	pʰi:t + ʔɛ:	2	241
ปิดคอม	pit + kʰɔ:m	2	185
เปิดคอม	pʰi:t + kʰɔ:m	2	186
ปิดทีวี	pit + tʰi: + wi:	3	171
เปิดทีวี	pʰi:t + tʰi: + wi:	3	179
ปิดประตู	pit + pràʔ + tu:	3	182
เปิดประตู	pʰi:t + pràʔ + tu:	3	170

คลาส	สัทอักษรสากล	พยางค์	จำนวน
ปิดพัคลม	pit + p ^h át + lom	3	206
เปิดพัคลม	p ^ว :t + p ^h át + lom	3	196
ปิดม่าน	pit + ma ^h .n	2	160
เปิดม่าน	p ^ว :t + ma ^h .n	2	167
รวม			2,790

3.1.1 การแปลงเสียงข้อมูล

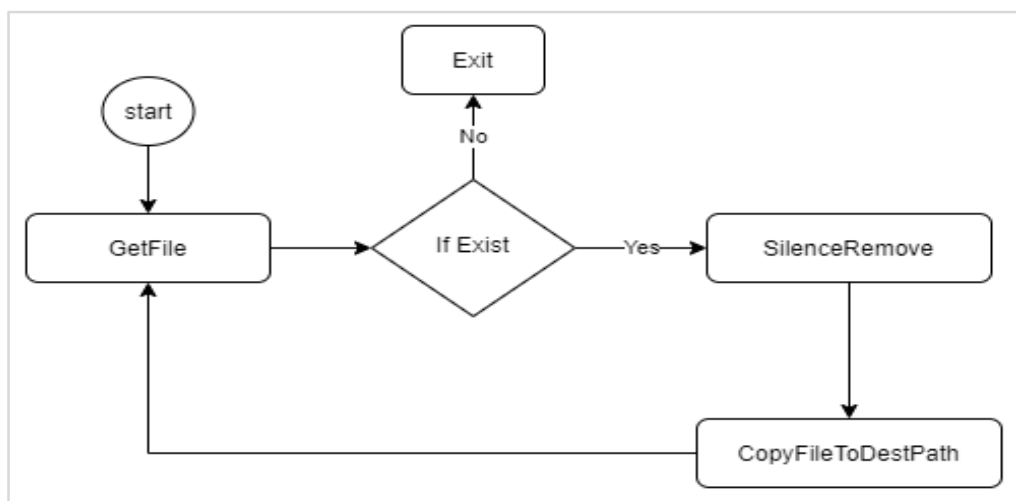
เนื่องจากไฟล์เสียงที่ได้มาจากหลายอุปกรณ์ทำให้ไฟล์มีหลายประเภท เช่น .mp3, .wav และ .m4a จึงจำเป็นต้องมีการแปลงประเภทไฟล์ให้เป็นชนิดเดียวกันเพื่อง่ายต่อการทำข้อมูลสำหรับฝึกสอนของแต่ละโมเดลในขั้นตอนถัดไป วิธีการแปลงไฟล์เป็นประเภทเดียวกันใช้ไลบรารี FFmpeg ซึ่งเป็นชุดคำสั่งสำหรับช่วยปรับแต่งแปลงข้อมูลไฟล์เสียง โดยใช้คำสั่งดังรูปที่ 3.1

```
1 ffmpeg -i input.m4a output.wav
2 ffmpeg -i input.mp3 output.wav
```

รูปที่ 3.1 คำสั่งแปลงนามสกุลไฟล์เสียงเป็น wav

3.1.2 ขั้นตอนตัดเสียงเงียบหน้าและหลังออกจากไฟล์เสียง

หลังจากแปลงไฟล์เสียงเป็นนามสกุล .wav หมดแล้ว ขั้นตอนไปทำการตัดเสียงเงียบหน้าและหลังไฟล์ออก เนื่องจากไฟล์เสียงมีจำนวนมากจึงต้องเขียนโปรแกรมเข้ามาช่วยโดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนตัดเสียงเงียบหน้าและหลังไฟล์เสียง

จากรูปที่ 3.2 เริ่มเขียนคำสั่งวนลูปดึงข้อมูลไฟล์ในโฟลเดอร์และส่งไฟล์ต่อไปที่ฟังก์ชัน SilenceRemove เพื่อตัดเสียงเงียบที่เกินกว่า 1 วินาที หลังจากนั้นก็ทำสำเนาไฟล์ไปยังโฟลเดอร์ทำชุดข้อมูลต่อไป และวนกลับไปทำต่อจนกว่าจะไม่พบไฟล์เสียงอีก โดยมีการใช้คำสั่งดังรูปที่ 3.3

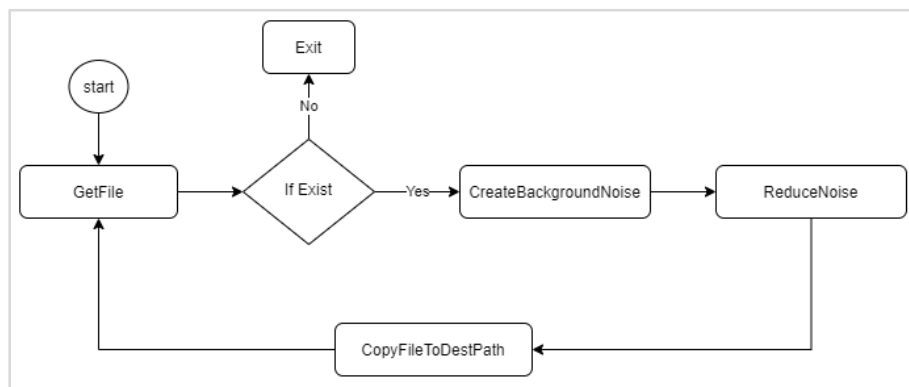
```
1
2 -i input.wav silenceremove=stop_periods=-1:stop_duration=1:stop_threshold=-90dB output.wav
3
```

รูปที่ 3.3 คำสั่งตัดเสียงเงียบด้วยไลบรารี FFmpeg

3.1.3 ขั้นตอนการลดเสียงรบกวนออกจากไฟล์เสียง

ขั้นตอนการลดเสียงรบกวนใช้ไลบรารี Sox ร่วมกับการเขียนโปรแกรมโดยมีกระบวนการดังรูปที่

3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการลดเสียงรบกวนออกจากไฟล์เสียง

จากรูปที่ 3.4 เริ่มจากเขียนคำสั่งวนลูปดึงข้อมูลไฟล์จากโฟลเดอร์และส่งไฟล์ต่อไปยังฟังก์ชัน CreateBackgroundNoise เพื่อสร้างไฟล์ .prof เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลของเสียงรบกวน หลังจากนั้นส่งไปทำงานต่อที่ฟังก์ชัน ReduceNoise เพื่อใช้คำสั่งลดเสียงรบกวน โดยใช้ไฟล์ .prof ก่อนหน้าที่ได้ และปรับพารามิเตอร์ค่าความอ่อนไหว (Sensitive) อยู่ที่ 0 ถึง 1 ในการทดลองนี้ใช้ที่ 0.21 หลังจากนั้นส่งไปทำสำเนาข้อมูลไฟล์ที่โฟลเดอร์ชุดข้อมูลต่อไป และวนไปกลับทำจนกว่าจะไม่พบไฟล์เสียงอีก โดยมีการใช้คำสั่งดังรูปที่ 3.5

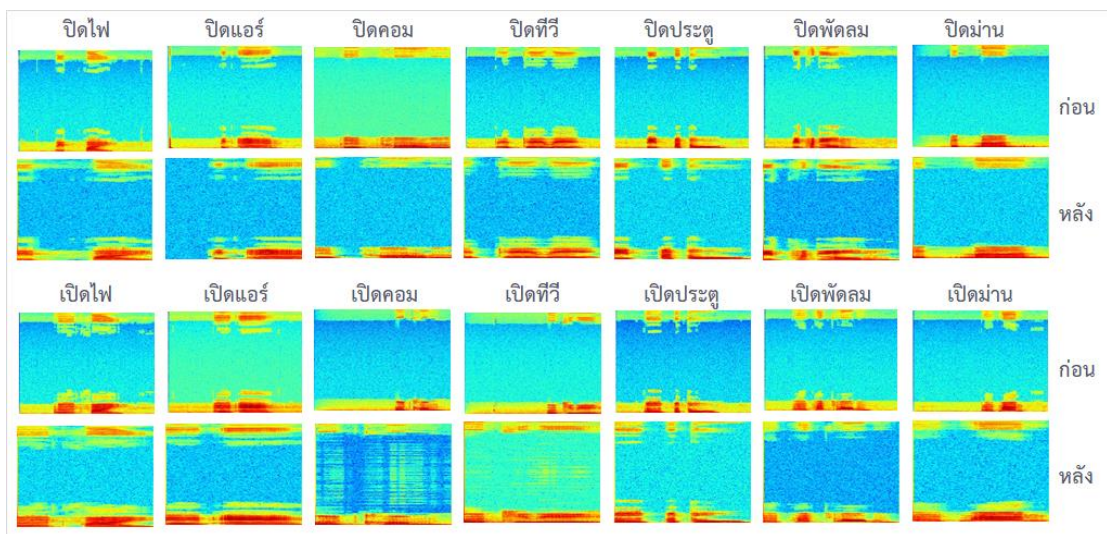
```
1 sox input.wav -n noiseprof background-noise.prof
2 sox original.wav output.wav noised background-noise.prof 0.21
```

รูปที่ 3.5 คำสั่งลดเสียงรบกวน

จากรูปที่ 3.5 บรรทัดที่ 1 เป็นการสร้างไฟล์พื้นหลังเสียงรบกวนเพื่อใช้ต่อในบรรทัดที่ 2 ที่เป็นคำสั่งลดเสียงรบกวน

3.1.4 ขั้นตอนสร้างสเปกโตรแกรมจากไฟล์เสียง

ขั้นตอนการสร้างสเปกโตรแกรมจากไฟล์เสียงใช้ไลบรารี `scipy` จากฟังก์ชัน `io.wavfile` โดยเขียนโปรแกรมภาษา Python แปลงเป็นไฟล์รูปภาพนามสกุล `.jpg` ขนาด `250x185` ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างภาพสเปกโตรแกรมจากไฟล์เสียง

3.1.5 ขั้นตอนทำข้อมูลจากเสียงใช้คุณลักษณะสำคัญของสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล

ขั้นตอนทำข้อมูลจากเสียงจะใช้คุณลักษณะสำคัญของสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมลโดยใช้ไลบรารี `Librosa` ฟังก์ชัน `feature.mfcc` ในงานวิจัยนี้ใช้ 20 คุณลักษณะ ซึ่งจะได้ข้อมูลเอกลักษณ์ของเสียงออกมาเป็นข้อมูล 2 มิติ ดังรูปที่ 3.7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	-353.214	219.654	-31.1528	44.31529	104.3531	0.464203	-37.9689	-5.82804	-10.4392	-18.0139	-13.6	-16.6762	-11.4869	-2.68921	-1.59585	-0.56786	-4.52204	-12.2342	-10.5693	-7.86888
2	-338.282	221.1582	-46.32	43.31786	112.1204	-3.14355	-48.5375	-4.30431	-1.53521	-16.7477	-16.2013	-20.9493	-17.5301	-2.7431	2.412785	-3.33001	-10.4722	-10.8894	-8.50584	-7.15438
3	-336.844	214.8304	-54.4102	47.74983	116.7595	-9.4524	-53.1984	0.84619	2.554057	-18.5598	-18.4216	-21.4279	-15.4052	-2.39698	-3.82789	-9.75689	-11.5963	-7.25005	-6.57453	-8.95248
4	-340.442	212.8386	-51.2878	57.54628	122.8989	-13.7049	-52.4826	6.174322	2.865935	-17.7952	-14.9932	-16.5659	-12.6245	-7.41371	-11.788	-8.96321	-1.25391	-1.81818	-7.90652	-14.751
5	-351.805	212.7188	-44.1398	46.3225	112.58	-9.19727	-44.8828	14.64236	7.699476	-21.1234	-17.015	-17.9476	-18.4174	-10.6746	-9.54547	-3.79911	1.193179	-1.90936	-3.91711	-7.16636
6	-386.207	194.3441	-27.3217	43.6923	97.98885	1.638212	-30.4942	14.3512	10.25941	-18.4981	-21.3706	-19.5561	-15.2672	-6.3513	-3.75133	0.657797	-3.33338	-3.57278	3.159833	-1.05053
7	-432.32	169.4453	-7.42564	42.97846	83.25121	11.3803	-15.0632	14.50881	9.560479	-14.4709	-17.6026	-12.1431	-7.10132	-8.59989	-14.617	-7.36211	-9.31291	-5.23875	3.923913	-1.83886
8	-457.101	162.9418	4.340272	37.52143	74.71155	12.19404	-15.351	15.07353	12.61902	-16.6893	-22.4191	-12.9932	-9.23712	-12.4251	-14.9076	-12.3797	-10.037	-3.32562	0.396616	-9.89146
9	-471.116	160.5507	11.77842	31.15879	69.91351	13.13069	-16.8762	18.21115	17.09591	-20.3812	-27.8482	-16.4709	-13.8528	-11.5506	-11.1031	-15.2434	-11.1214	-1.32136	0.670334	-4.37214
10	-479.382	154.7075	11.83756	26.23556	60.67367	11.06921	-9.29461	26.29794	18.97376	-21.9006	-26.8262	-13.003	-11.7772	-8.95652	-4.15138	-8.82935	-11.4136	-3.64635	3.098027	1.082205
11	-480.526	155.5842	14.67743	24.59629	57.71291	11.4877	-6.91312	26.92019	21.62998	-15.667	-23.9329	-13.6446	-7.79544	-1.98134	-2.63098	-11.448	-13.4734	-6.69502	0.700107	4.496764
12	-484.992	156.1906	21.24277	24.35088	50.01088	8.314296	-7.383	23.50236	20.50291	-11.0508	-20.4088	-14.7808	-9.24852	-1.25654	-0.88063	-10.4619	-16.0124	-12.39	-2.59961	5.758354
13	-496.641	148.3724	22.28168	21.05308	45.3852	10.10763	-6.54831	18.11633	17.20852	-7.22275	-14.6287	-12.5573	-11.0269	-2.74706	2.147207	-4.59901	-11.167	-9.75173	-3.24368	2.59212
14	-493.17	144.8231	12.61996	19.02031	46.29876	9.357802	-4.87428	17.24474	12.33229	-6.91944	-10.2925	-9.40722	-6.2943	-0.66904	-3.03819	-7.18645	-7.74942	-8.82918	-3.1866	5.357448
15	-438.927	165.428	-25.6203	1.317556	37.6596	-15.9458	-14.2675	19.55	4.190032	-3.47561	3.252754	-11.3588	-7.41906	10.48439	0.186712	-7.14049	1.130106	-4.45042	-4.76051	5.979396
16	-393.792	188.3162	-48.2023	-7.24066	40.8028	-26.6685	-24.674	14.84217	-3.2023	-4.76426	6.388173	-14.6057	-8.1188	15.16129	-0.49222	-7.52177	6.802894	-2.30499	-5.82156	7.449914
17	-390.434	184.4809	-55.6269	-2.08566	48.221	-27.493	-24.7094	16.74184	-4.58146	-4.30874	9.521124	-13.5801	-6.66328	16.1059	-0.40653	-7.83637	13.31891	0.026377	-9.77306	5.761752
18	-414.051	165.1986	-53.664	4.727342	52.69129	-21.1495	-17.1537	20.7691	-5.81713	-6.53409	12.32422	-8.63528	-6.79631	13.42565	-3.59718	-6.364	13.26613	-0.81976	-11.8873	3.814327
19	-433.356	156.6316	-41.2302	11.33673	53.2758	-17.3444	-15.4212	21.03345	-3.86942	-7.53975	10.67331	-8.16729	-10.4781	8.010674	-4.07691	-7.05253	10.72408	-0.11534	-12.3805	-0.75809
20	-445.476	150.8509	-33.7931	13.73062	48.32361	-19.4181	-14.3742	22.69889	0.283356	-4.45793	8.833929	-9.76276	-9.15844	6.699793	-9.54515	-12.6017	6.278641	-3.79778	-13.788	0.802712
21	-454.267	144.6227	-32.8286	11.20754	42.30562	-18.9984	-8.67898	24.72674	-1.21525	-6.32724	4.893941	-13.2743	-6.9812	12.94977	-2.96245	-8.08177	5.60311	-5.93026	-9.41941	7.968411
22	-454.834	140.5761	-39.4414	9.25288	45.14167	-16.7446	-7.40416	26.19036	-2.4241	-10.7096	1.391402	-14.3972	-7.587	11.9678	-3.13021	-4.64389	12.54792	-1.80087	-11.4625	5.215607
23	-453.741	140.7421	-38.8655	13.546	49.97118	-14.4135	-6.65174	24.0394	-7.95136	-14.7236	0.95225	-14.8199	-9.17084	10.08806	-6.55797	-7.91749	14.32678	3.380976	-9.26265	5.031096
24	-459.638	139.4334	-30.7469	19.04544	49.00195	-12.2551	-0.33471	24.00216	-14.7317	-18.558	1.943681	-13.5708	-9.4116	7.870442	-10.3721	-11.2545	11.83242	1.204552	-11.5838	0.296847
25	-465.095	130.725	-36.806	20.75361	52.86232	-13.2947	-2.50472	25.8135	-11.442	-16.9294	2.332821	-13.2878	-7.42531	11.9764	-7.90745	-12.659	9.47711	-0.03588	-11.6045	3.664356

รูปที่ 3.7 ภาพตัวอย่างข้อมูลจากเสียงใช้คุณลักษณะสำคัญของสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล

3.2 ขั้นตอนการสร้างโมเดล

ในขั้นตอนการสร้างโมเดลแบ่งออกเป็น 6 โมเดล ได้แก่ โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น (Multi-layer Perceptron Neural Network) โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long short-Term Memory Networks) โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold ขนาด 10

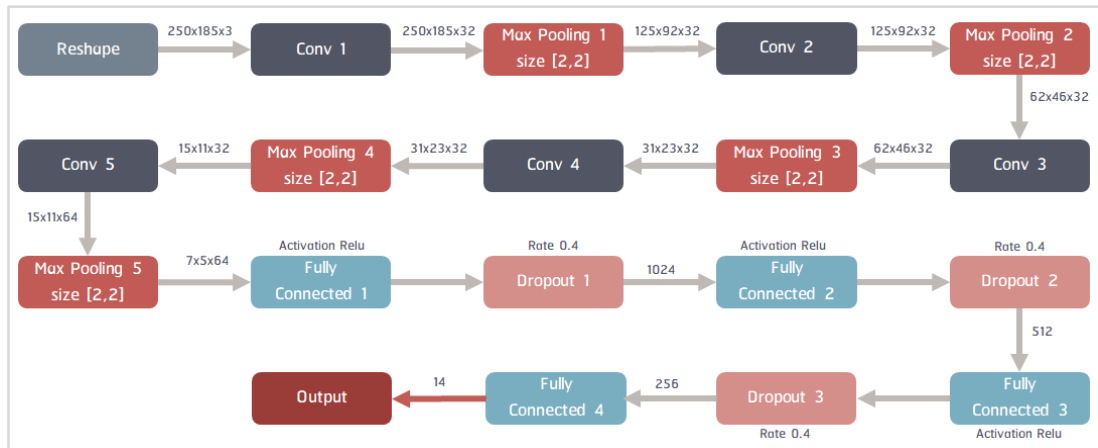
3.2.1 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น

สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้นที่ใช้ในการทดลองแบ่งเป็นแบบ 1 ชั้นซ่อน 2 ชั้นซ่อน และ 3 ชั้นซ่อน ได้แก่โครงสร้างชั้นซ่อนขนาด 256 512 256x128 512x256 512x256x128 และ 1024x512x256 ซึ่งมีอัตราการออกกลางคั่นที่ 0.3 ในแต่ละชั้นซ่อน

3.2.2 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่ออกแบบเพื่อใช้ทำนายเสียงพูดจากชุดข้อมูลในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ชั้นของ Convolution และ Pooling 5 ชั้น ในส่วนของ Pooling ใช้แบบค่ามากที่สุดทั้งหมด (Max-Pooling) ตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึง 4 มีขนาดตัวกรอง (Filter) 32 และมีขนาด Pooling เท่ากับ 2x2 จนถึงชั้นที่ 5 มีขนาดตัวกรอง 64 และใช้วิธีออกกลางคั่น (Dropout) อัตรา 0.4 แต่ละชั้น และใช้ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) Relu ซึ่งในการทดลองจะมี

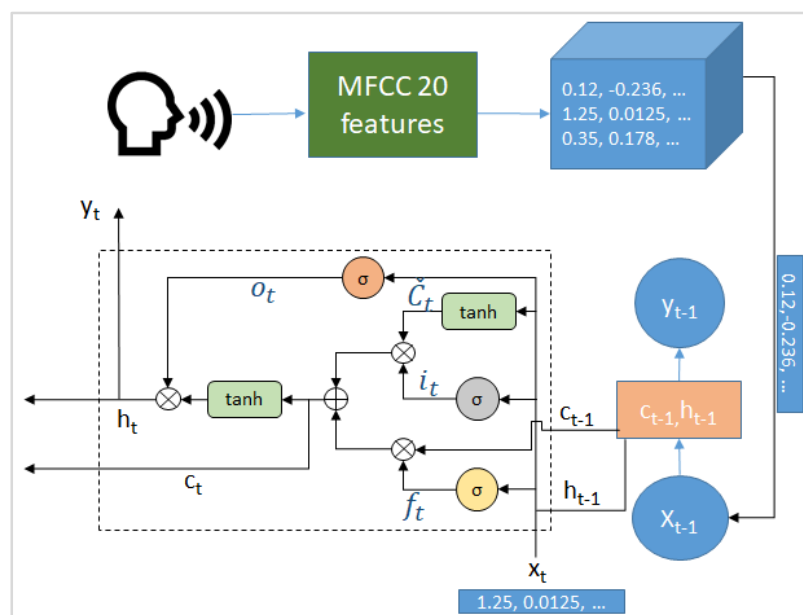
โครงสร้างในชั้น Fully-Connected ทั้งแบบ 2 ชั้น และแบบ 3 ชั้น ได้แก่ 256x128 512x256 1024x512 512x256x128 และ 1024x512x256 โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 3.8



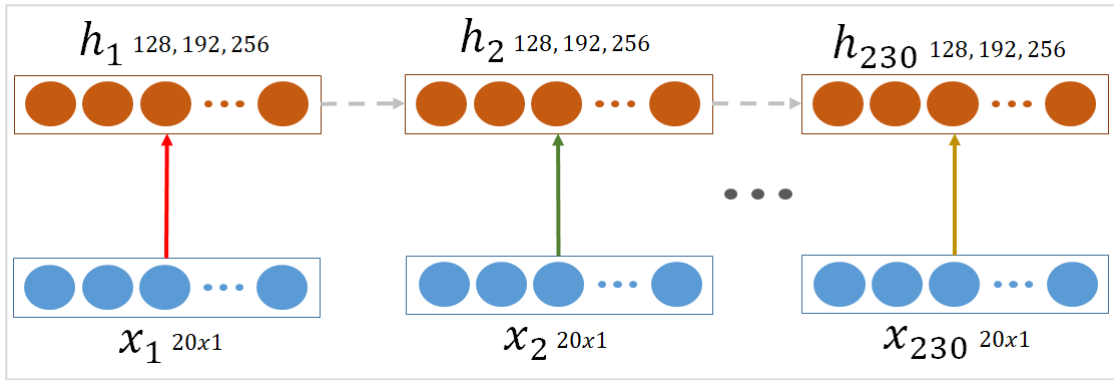
รูปที่ 3.8 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

3.2.3 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบทั่วไป

สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบทั่วไปจะใช้ 230 Time steps ใช้จำนวนชั้นซ่อน 128 192 256 320 512 และ 1024 ตามลำดับ โดยจะรับข้อมูลเสียงที่ได้จากการใช้คุณลักษณะสำคัญของสัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมลที่ 20 คุณลักษณะ และมีขนาดข้อมูลที่ผ่านกระบวนการ Padding แล้วมีขนาด 230x20 ต่อ 1 เสียงพูด และมีอัตราการออกกลางคืนที่ 0.3 ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนแปลงไฟล์เสียงเป็นข้อมูลเพื่อฝึกสอนใน LSTM

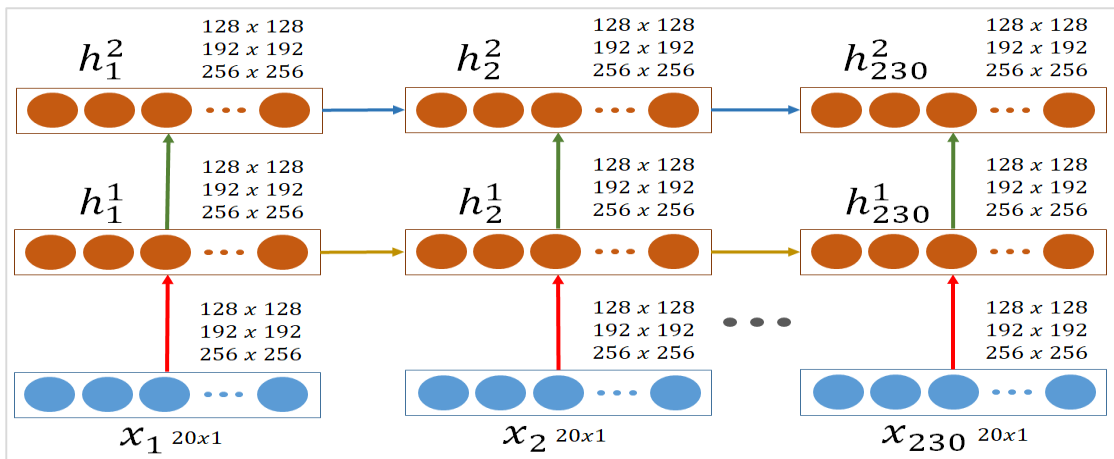


รูปที่ 3.10 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบปกติ

จากรูปที่ 3.10 เส้นประแสดงถึงไม่มีการใช้การออกกลางคืนและเส้นทึบสีที่ต่างกันแสดงถึงมีการใช้การออกกลางคืนที่สุ่มค่าใหม่

3.2.4 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1

สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 นั้นใช้วิธีเพิ่มจำนวน LSTM Stack ขึ้นมาอีก 1 ชั้น ตามงานวิจัยที่ [3] ซึ่งขนาดเซลล์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ 128×128 192×192 256×256 320×320 384×384 และ 512×512 และมีอัตราการออกกลางคืนที่ 0.3 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 เป็นดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอ

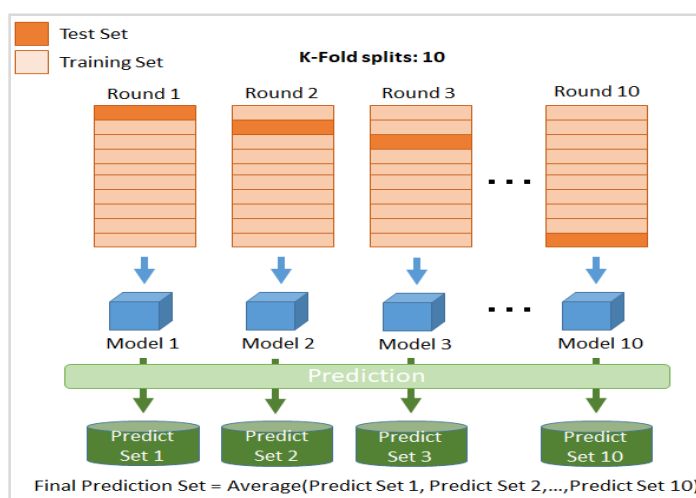
จากรูปที่ 3.11 ลูกศรที่แสดงถ้าสีเดียวกันคือใช้การออกกลางคืนที่สัมพันธ์กัน

3.2.5 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2

สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 นั้นใช้วิธีเพิ่มจำนวน LSTM Stack ขึ้นมาอีก 1 ชั้น ตามงานวิจัยที่ [3] และใช้เทคนิควิธีการออกกลางคันโดยใช้เทคนิคความน่าจะเป็น (Bayesian Model) ของงานวิจัยที่ [5] โดยใช้ LSTM Stack ขนาด 128x128 192x192 256x256 320x320 384x384 และ 512x512 ในการทดลอง โดยใช้ 230 Time steps

3.2.6 สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 โดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

สถาปัตยกรรมโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 โดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 โดยใช้ LSTM Stack ขนาด 128x128 192x192 256x256 320x320 384x384 และ 512x512 ในการทดลอง มี 230 Time steps และนำวิธี K-Fold Cross Validation มาใช้ทั้งในตอนฝึกสอนและตอนที่ทำนายผลลัพธ์ โดยใช้ชุดผลลัพธ์การทำนายแต่ละชุดมาหาค่าเฉลี่ยก่อนจึงค่อยทำนายผลลัพธ์ที่ได้ออกมา โดยมีขั้นตอนการใช้ K-Fold Cross Validation ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การใช้ K-Fold Cross Validation กับการทำนายผลลัพธ์

3.3 การวัดประสิทธิภาพของโมเดล

การวัดประสิทธิภาพของโมเดลทำนายเสียงพูดเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู พัดลม และ ม่าน โดยในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบปกติ โครงข่ายหน่วยความจำ

ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 โดยใช้วิธีทดลองอย่างละ 5 ครั้ง ในแต่ละโมเดล และนำมาทำ Confusion Matrix เพื่อใช้หาค่า Accuracy Precision Recall และ F1-Score และนำทั้ง 5 รอบ มาหาค่าต่ำสุด ค่ามากที่สุด ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีสมการดังที่ 3.1, 3.2, 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (3.1)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3.2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.3)$$

$$\text{F1-Score} = 2 * \left(\frac{\text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \right) \quad (3.4)$$

จากสมการ TP คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าจริง และมีค่าเป็นจริง TN คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าไม่จริงและมีค่าไม่จริง FP คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าจริงแต่มีค่าเป็นไม่จริง และ FN สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าไม่จริงแต่มีค่าเป็นจริง

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัยและการอภิปรายผล ที่ทำการทดลองโดยใช้โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 และ โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 เป็นโมเดลหลักในการทำนายเสียงสั่งการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า และนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพความถูกต้องกับโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องอีก 3 โมเดล ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบทั่วไป โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเสียงขึ้นเองเป็นจำนวน 2,790 เสียง โดยการเตรียมข้อมูลจะแบ่งข้อมูลเพื่อใช้ฝึกสอนจำนวน 1,757 เสียง และใช้ 1,033 เสียง เป็นข้อมูลเพื่อทดสอบ โดยข้อมูลที่ใช้ทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดคนเดียวกันอยู่ในข้อมูลฝึกสอนด้วยแต่เป็นคนละไฟล์เสียงกัน จำนวน 418 เสียง และข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนเลยจำนวน 615 เสียง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ชุดข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนและทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล

ประเภทชุดข้อมูล	จำนวน
ชุดข้อมูลที่ใช้เพื่อฝึกสอน	1,757
ชุดข้อมูลที่ใช้เพื่อทดสอบที่เสียงของคนที่มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน	418
ชุดข้อมูลที่ใช้เพื่อทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน	615
รวม	2,790

4.1 ผลการวิจัย

ในการทดลองในงานวิจัยนี้ทำการสร้างโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 และ โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 มาเป็นโมเดลหลัก และมีการนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์และการประยุกต์โมเดล โดยแบ่งเป็นการปรับจำนวนชั้นซ่อนขนาดต่างๆ การประยุกต์นำเทคนิคการออกกลางคันแบบแปรผัน และ การประยุกต์นำเทคนิคการใช้หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบหลายสแตกเซลล์ มา

ใช้ร่วมกับโมเดลหลักที่นำเสนอโดยการทดลองจะทำการฝึกสอนโมเดลแต่ละแบบอย่างละ 5 ครั้ง และแต่ละครั้งใช้ 100 Epoch ในการฝึกสอน

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

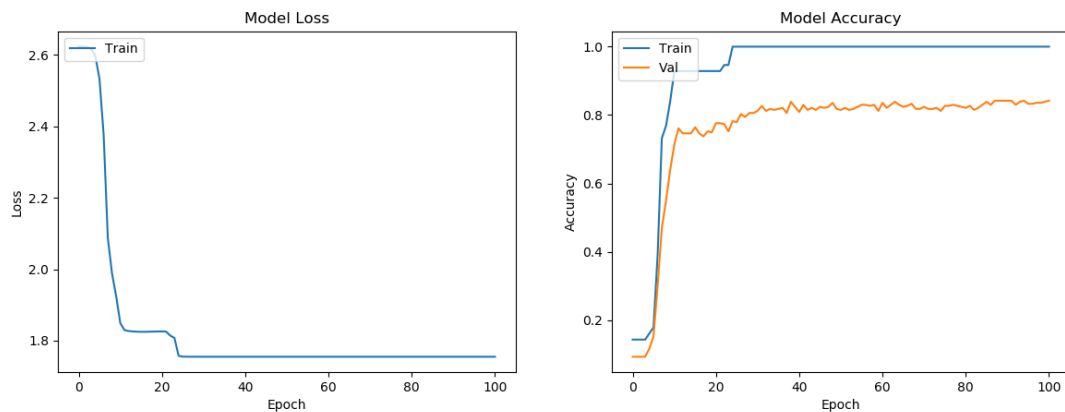
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	256	512	256x128	512x256	512x256x128	1024x512x256
1	84.21	85.89	84.69	83.25	70.57	71.53
2	83.01	85.41	79.67	74.64	70.81	80.14
3	83.73	83.97	83.01	72.01	77.27	81.34
4	84.21	83.49	77.51	77.99	77.27	80.14
5	83.01	84.45	77.27	80.14	75.84	79.67
มากที่สุด	84.21	85.89	84.69	83.25	77.27	81.34
น้อยสุด	83.01	83.49	77.27	72.01	70.57	71.53
เฉลี่ย	83.64	84.64	80.43	77.61	74.35	78.56
S.D.	0.60	0.99	3.31	4.43	3.39	3.98

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

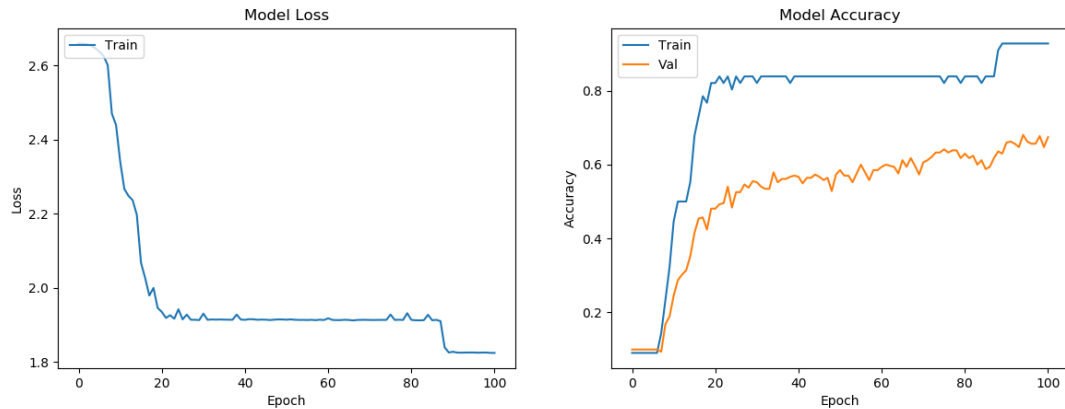
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)					
	256	512	256x128	512x256	512x256x128	1024x512x256
1	9.75	10.65	10.10	10.93	11.19	13.60
2	9.83	10.48	10.03	12.52	11.28	13.81
3	9.73	10.15	9.94	10.83	11.07	13.32
4	9.69	11.02	10.02	10.72	11.14	13.16
5	9.59	10.24	10.01	10.73	11.25	12.94
มากที่สุด	9.83	11.02	10.10	12.52	11.28	13.81
น้อยสุด	9.59	10.15	9.94	10.72	11.07	12.94
เฉลี่ย	9.72	10.51	10.02	11.15	11.19	13.36
S.D.	0.09	0.34	0.06	0.77	0.08	0.35

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	256	512	256x128	512x256	512x256x128	1024x512x256
1	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26
2	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24
3	0.23	0.25	0.23	0.25	0.24	0.24
4	0.23	0.26	0.23	0.23	0.24	0.26
5	0.23	0.24	0.26	0.26	0.24	0.24
มากที่สุด	0.23	0.26	0.26	0.26	0.24	0.26
น้อยสุด	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24
เฉลี่ย	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25
S.D.	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01

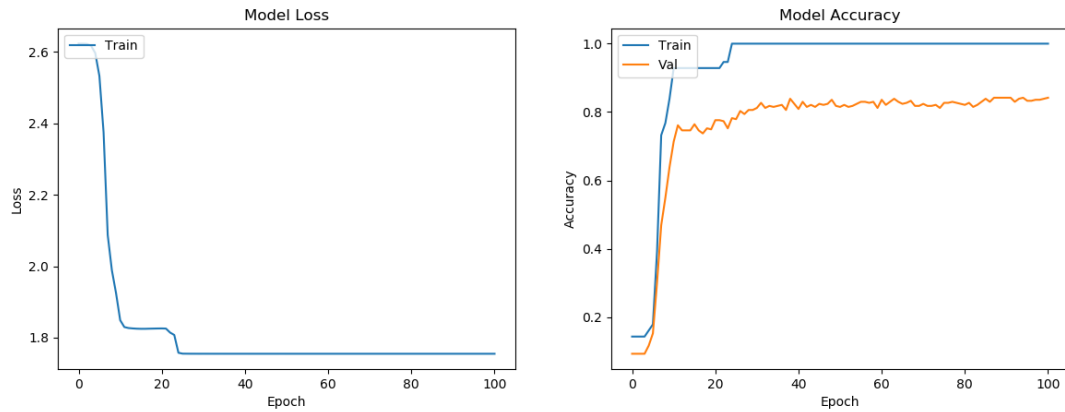


รูปที่ 4.1 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

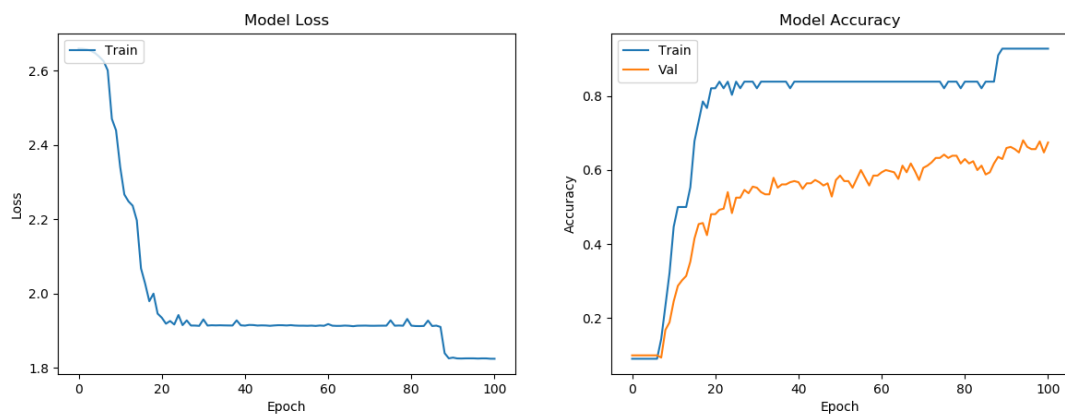


รูปที่ 4.2 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

จากตารางที่ 4.2 4.3 และ 4.4 โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นนี้ใช้เวลาในการฝึกสอนและทำนายน้อยที่สุดในบรรดาโมเดลที่นำเสนอทั้งหมดและผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อน ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดและโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบชั้นซ้อน 3 ชั้น ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดและโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นนี้ยังให้ค่าความถูกต้องน้อยที่สุดในโมเดลที่นำเสนอ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ 4.4 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512x256x128 แบบ 1 ชั้นซ้อนชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

จากตารางที่ 4.5 4.6 และ 4.7 ผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อน ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดและโครงสร้าง 512 x 256 x 128 แบบชั้นซ้อน 3 ชั้น ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุด จะเห็นว่าโมเดลนี้มีความยืดหยุ่นต่อข้อมูลในการทำนายที่ต่ำมากเพราะเมื่อเปลี่ยนชุดข้อมูลเป็นข้อมูลที่ไม่เคยผ่านการฝึกสอนมาก่อนเลยจะให้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

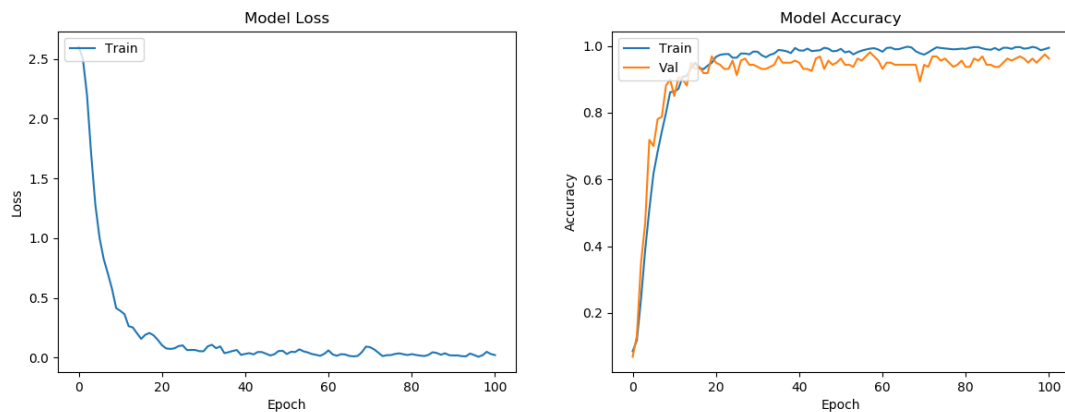
ครั้งที่	ความแม่นยำ				
	256x128	512x256	1024x512	512x256x128	1024x512x256
1	93.78	92.34	93.78	94.50	92.34
2	94.26	92.82	92.82	92.34	94.02
3	95.22	93.54	89.95	93.06	94.26
4	95.69	94.02	94.02	95.22	94.50
5	93.54	96.41	91.87	94.74	94.26
มากที่สุด	95.69	96.41	94.02	95.22	94.50
น้อยสุด	93.54	92.34	89.95	92.34	92.34
เฉลี่ย	94.50	93.83	92.49	93.97	93.88
S.D.	0.93	1.58	1.65	1.22	0.88

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

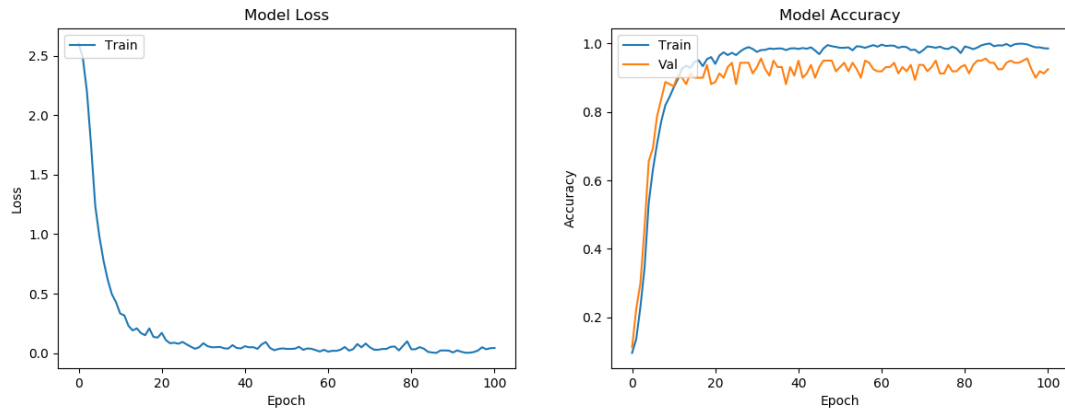
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)				
	256x128	512x256	1024x512	512x256x128	1024x512x256
1	597.37	581.54	589.01	583.97	592.60
2	588.50	577.19	592.04	583.64	593.22
3	580.30	617.58	585.52	584.41	588.47
4	581.81	613.60	595.91	576.66	593.62
5	581.39	583.70	590.23	581.44	593.16
มากที่สุด	597.37	617.58	595.91	584.41	593.62
น้อยสุด	580.30	577.19	585.52	576.66	588.47
เฉลี่ย	585.87	594.72	590.54	582.02	592.21
S.D.	7.19	19.25	3.83	3.21	2.12

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)				
	256x128	512x256	1024x512	512x256x128	1024x512x256
1	1.94	1.94	1.94	1.94	2.04
2	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
3	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
4	1.94	1.94	1.94	1.95	2.04
5	1.94	1.94	1.94	1.94	2.04
มากที่สุด	1.94	1.94	1.94	1.95	2.04
น้อยสุด	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
เฉลี่ย	1.94	1.94	1.94	1.94	2.00
S.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05



รูปที่ 4.5 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ 4.6 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

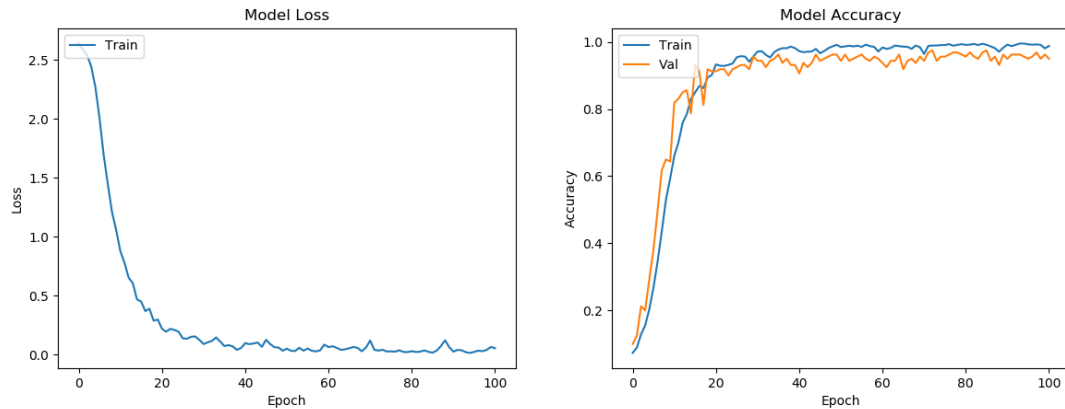
จากตารางที่ 4.8 4.9 และ 4.10 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่นำเสนอใช้กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน และใช้เวลาในการฝึกสอนมากเป็นอันดับที่ 2 จากโมเดลที่นำเสนอทั้งหมดแต่ทั้งนี้แลกมากับค่าความแม่นยำมากขึ้นโดยให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดถึงร้อยละ 96.41 ที่โครงสร้าง 512x256 และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 89.95 ที่โครงสร้าง 1024x512 และใช้เวลาในการทำนายข้อมูลเสียง 418 ไฟล์เสียง เป็นเวลาประมาณ 2 วินาที ซึ่งถือว่านานเป็นอันดับ 2 จากโมเดลที่นำเสนอทั้งหมด

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

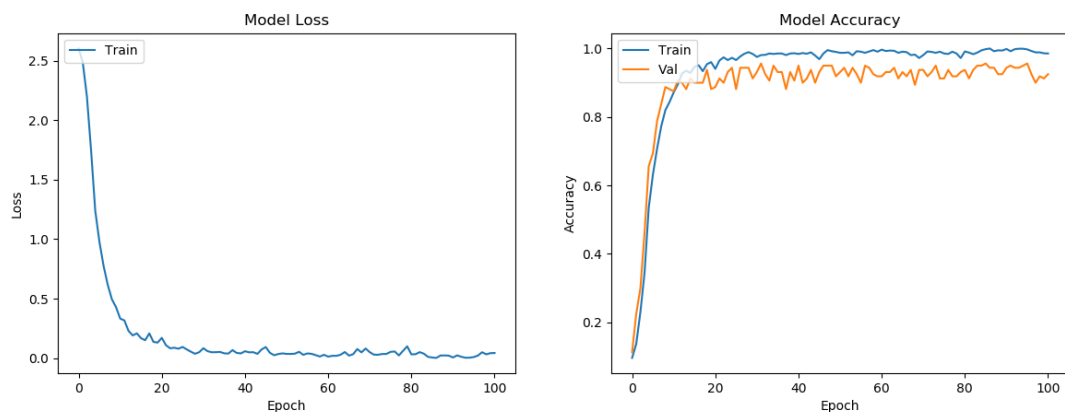
ครั้งที่	ความแม่นยำ				
	256x128	512x256	1024x512	512x256x128	1024x512x256
1	84.88	84.23	86.34	84.07	83.25
2	86.83	84.23	82.93	82.44	83.90
3	81.95	83.09	78.54	84.23	79.84
4	83.09	86.34	83.90	84.72	83.09
5	86.18	86.99	79.35	87.64	85.04
มากที่สุด	86.83	86.99	86.34	87.64	85.04
น้อยสุด	81.95	83.09	78.54	82.44	79.84
เฉลี่ย	84.59	84.98	82.21	84.62	83.02
S.D.	2.05	1.63	3.24	1.89	1.94

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)				
	256x128	512x256	1024x512	512x256x128	1024x512x256
1	2.03	2.13	2.26	2.10	2.14
2	2.02	2.13	2.34	2.04	2.34
3	2.13	4.36	2.24	2.13	2.04
4	2.03	2.13	2.24	2.04	2.14
5	2.13	2.03	2.04	2.03	2.27
มากที่สุด	2.13	4.36	2.34	2.13	2.34
น้อยสุด	2.02	2.03	2.04	2.03	2.04
เฉลี่ย	2.07	2.56	2.22	2.07	2.19
S.D.	0.06	1.01	0.11	0.04	0.12



รูปที่ 4.7 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ 4.8 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันกับชุดโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันนี้ที่นำเสนอใช้กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดที่ร้อยละ 87.64 ที่โครงสร้าง 512x256x128 และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 78.54 ที่โครงสร้าง 1024x512 และใช้เวลาในการทำนายข้อมูลเสียง 615 ไฟล์เสียง เป็นเวลาประมาณ 2.2 วินาที

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

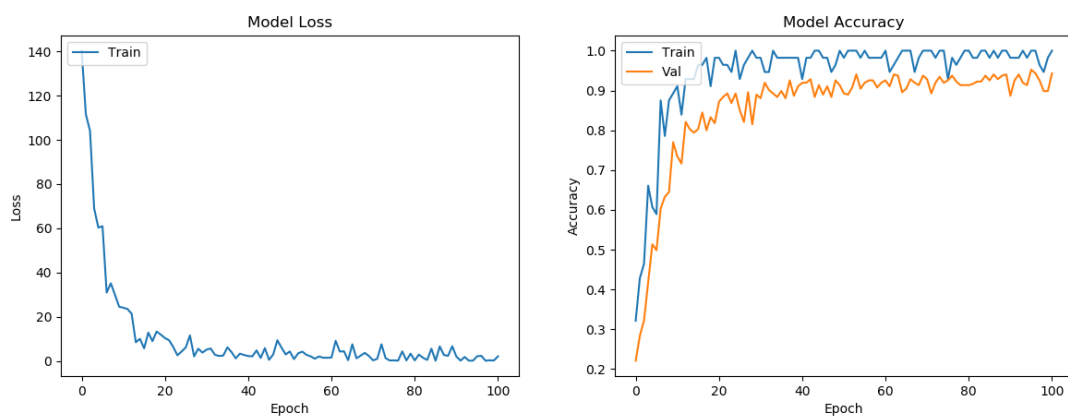
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว					
	128	192	256	320	512	1024
1	87.32	91.87	91.39	94.26	93.06	94.98
2	89.71	92.11	90.43	91.63	95.93	94.74
3	90.91	92.11	92.58	93.78	94.50	95.22
4	88.28	90.19	91.87	91.15	92.82	94.26
5	91.15	91.63	93.30	91.15	92.82	94.02
มากที่สุด	91.15	92.11	93.30	94.26	95.93	95.22
น้อยสุด	87.32	90.19	90.43	91.15	92.82	94.02
เฉลี่ย	89.47	91.58	91.91	92.39	93.83	94.64
S.D.	1.66	0.80	1.10	1.51	1.37	0.50

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

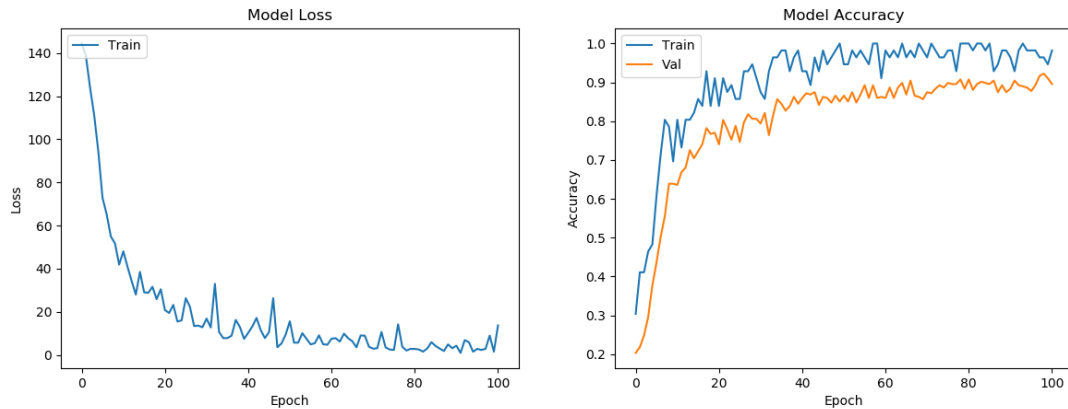
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว					
	128	192	256	320	512	1024
1	489.84	481.57	490.97	499.46	535.10	720.70
2	495.98	480.12	492.86	499.90	541.87	722.53
3	478.91	489.28	499.55	495.42	560.46	709.07
4	474.09	455.12	493.31	498.82	531.26	719.44
5	478.99	495.49	507.98	487.67	533.47	720.73
มากที่สุด	495.98	495.49	507.98	499.90	560.46	722.53
น้อยสุด	474.09	455.12	490.97	487.67	531.26	709.07
เฉลี่ย	483.56	480.32	496.93	496.25	540.43	718.49
S.D.	9.03	15.39	6.97	5.11	11.88	5.38

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว					
	128	192	256	320	512	1024
1	0.42	0.44	0.43	0.46	0.50	0.69
2	0.41	0.42	0.43	0.44	0.49	0.65
3	0.41	0.42	0.44	0.44	0.49	0.66
4	0.41	0.42	0.43	0.44	0.49	0.65
5	0.43	0.42	0.47	0.44	0.50	0.65
มากที่สุด	0.43	0.44	0.47	0.46	0.50	0.69
น้อยสุด	0.41	0.42	0.43	0.44	0.49	0.65
เฉลี่ย	0.42	0.42	0.44	0.44	0.49	0.66
S.D.	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02



รูปที่ 4.9 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ 4.10 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

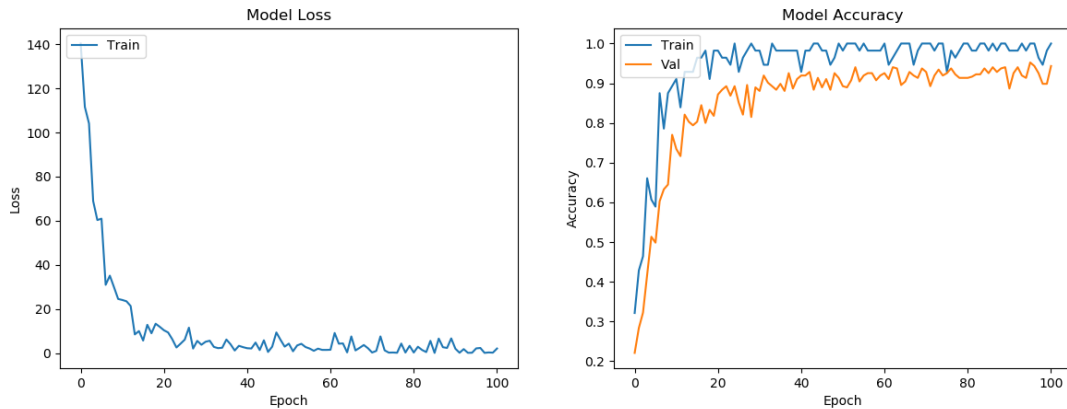
จากตารางที่ 4.12 4.13 และ 4.14 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอ กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน ใช้เวลาในการฝึกสอน นานเป็นอันดับที่ 3 จากโมเดลที่นำเสนอทั้งหมดมีค่าความแม่นยำที่ค่อนข้างสูง โดยมีความแม่นยำ มากสุดถึง ร้อยละ 95.93 ที่โครงสร้าง 512 และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 87.32 ที่โครงสร้าง 128 และใช้เวลาในการทำนายข้อมูลเสียง 418 ไฟล์เสียง จากโมเดลที่ให้ความแม่นยำมากที่สุดใช้เวลา น้อยสุดที่ 0.49 วินาที ซึ่งถือว่าเร็วเป็นอันดับ 2 จากโมเดลที่นำเสนอทั้งหมด

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

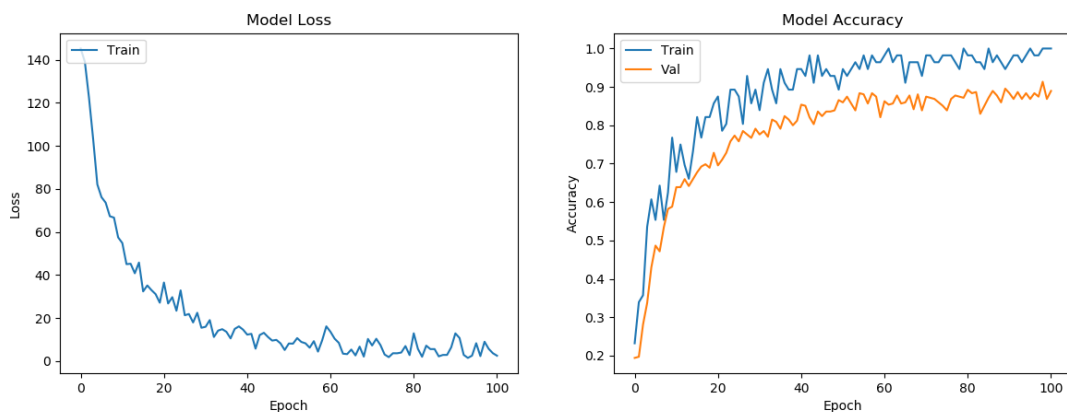
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว					
	128	192	256	320	512	1024
1	79.02	82.76	81.30	83.74	81.79	83.90
2	81.46	82.28	81.63	84.55	85.85	82.76
3	77.40	81.46	83.74	81.14	85.04	82.93
4	78.37	81.46	83.09	85.37	78.86	81.95
5	81.46	81.63	83.25	83.41	81.30	81.46
มากที่สุด	81.46	82.76	83.74	85.37	85.85	83.90
น้อยสุด	77.40	81.46	81.30	81.14	78.86	81.46
เฉลี่ย	79.54	81.92	82.60	83.64	82.57	82.60
S.D.	1.84	0.58	1.07	1.59	2.87	0.94

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว					
	128	192	256	320	512	1024
1	0.18	0.19	0.20	0.21	0.25	0.41
2	0.18	0.19	0.20	0.22	0.25	0.41
3	0.17	0.18	0.19	0.22	0.25	0.41
4	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	0.41
5	0.17	0.18	0.20	0.21	0.25	0.40
มากที่สุด	0.18	0.19	0.20	0.22	0.25	0.41
น้อยสุด	0.16	0.18	0.19	0.21	0.25	0.40
เฉลี่ย	0.17	0.18	0.20	0.22	0.25	0.41
S.D.	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00



รูปที่ 4.11 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของ
คนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ 4.12 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของ
คนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวกับชุดข้อมูล
ทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดที่ร้อยละ 85.85 ที่
โครงสร้าง 512 และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 77.40 ที่โครงสร้าง 128 และใช้เวลาในการ
ทำนายข้อมูลเสียง 615 ไฟล์เสียง โดยโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดใช้เวลาน้อยสุดที่ 0.25 วินาที
นอกจากเปรียบเทียบค่าความแม่นยำแล้วมีการนำเสนอเครื่องมือวัดประสิทธิภาพอื่น ดังตารางที่ 4.46

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

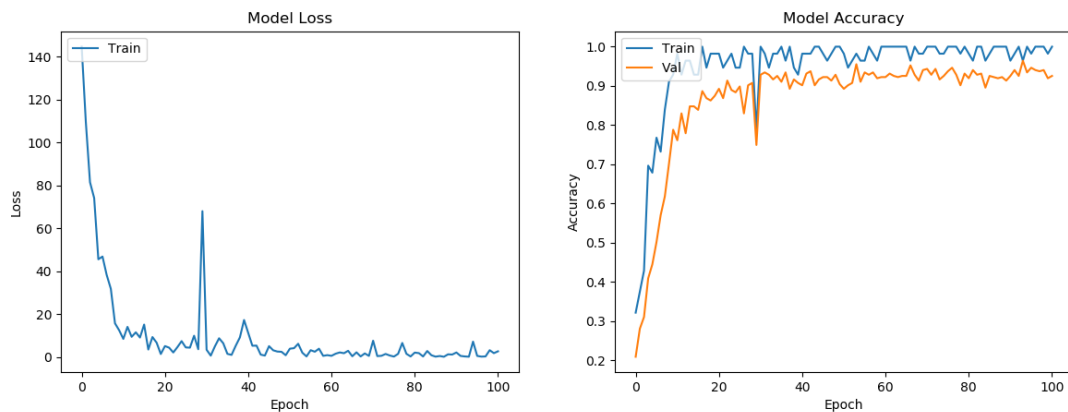
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	95.93	96.89	96.17	94.26	96.17	95.45
2	95.45	96.65	95.93	96.65	96.41	97.61
3	96.41	95.69	96.41	97.13	96.89	96.65
4	95.69	96.65	95.93	96.17	96.41	96.65
5	96.41	96.89	95.69	96.41	95.45	93.78
มากที่สุด	96.41	96.89	96.41	97.13	96.89	97.61
น้อยสุด	95.45	95.69	95.69	94.26	95.45	93.78
เฉลี่ย	95.98	96.55	96.03	96.12	96.27	96.03
S.D.	0.43	0.50	0.27	1.10	0.53	1.47

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

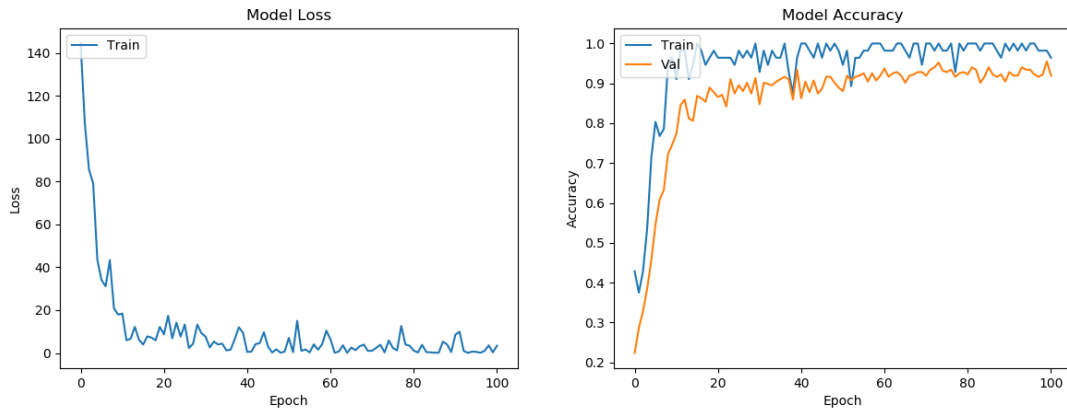
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	691.33	662.01	682.77	702.05	710.08	784.25
2	691.46	680.37	692.91	691.88	697.46	782.53
3	693.81	688.94	691.20	686.87	697.04	760.05
4	680.10	671.99	688.89	702.83	692.81	772.20
5	699.16	680.00	674.02	698.97	691.69	765.13
มากที่สุด	699.16	688.94	692.91	702.83	710.08	784.25
น้อยสุด	680.10	662.01	674.02	686.87	691.69	760.05
เฉลี่ย	691.17	676.66	685.96	696.52	697.82	772.83
S.D.	6.95	10.15	7.70	6.91	7.31	10.58

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	0.39	0.21	0.25	0.27	0.31	0.38
2	0.20	0.21	0.26	0.26	0.31	0.44
3	0.20	0.21	0.25	0.26	0.31	0.38
4	0.20	0.21	0.24	0.26	0.31	0.38
5	0.20	0.22	0.25	0.27	0.31	0.38
มากที่สุด	0.39	0.22	0.26	0.27	0.31	0.44
น้อยสุด	0.20	0.21	0.24	0.26	0.31	0.38
เฉลี่ย	0.24	0.21	0.25	0.26	0.31	0.39
S.D.	0.08	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03



รูปที่ 4.13 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ 4.14 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

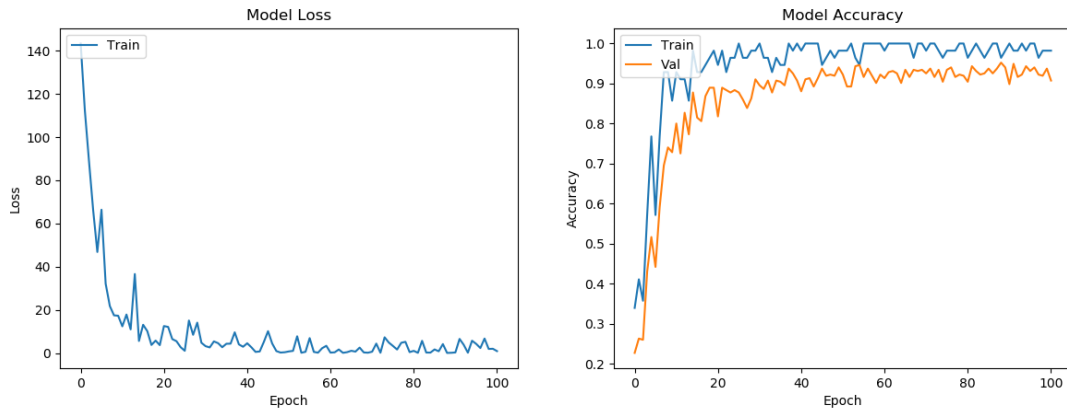
จากตารางที่ 4.17 4.18 และ 4.19 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอ แบบที่ 1 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันให้ค่าความ แม่นยำมากที่สุดที่ร้อยละ 97.60 ที่ขนาดเซลล์ 512x512 และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 93.77 ที่ขนาดเซลล์ 512x512 อีกเช่นกัน จากผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเราเพิ่มขึ้นของหน่วยความจำทำให้โมเดล สามารถทำนายได้แม่นยำมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้น แบบยาวแบบทั่วไปคิดเป็นร้อยละ 1.72 และใช้เวลาและใช้เวลายในการทำนายข้อมูลเสียง 418 ไฟล์ เสียง โดยโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดใช้เวลาน้อยสุดที่ 0.38 วินาที ซึ่งจากผลทดลองถือว่าใช้ เวลาน้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบทั่วไป แต่เวลาที่ใช้ ในการฝึกสอนต้องใช้เพิ่มขึ้นประมาณ 150 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 22.59

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

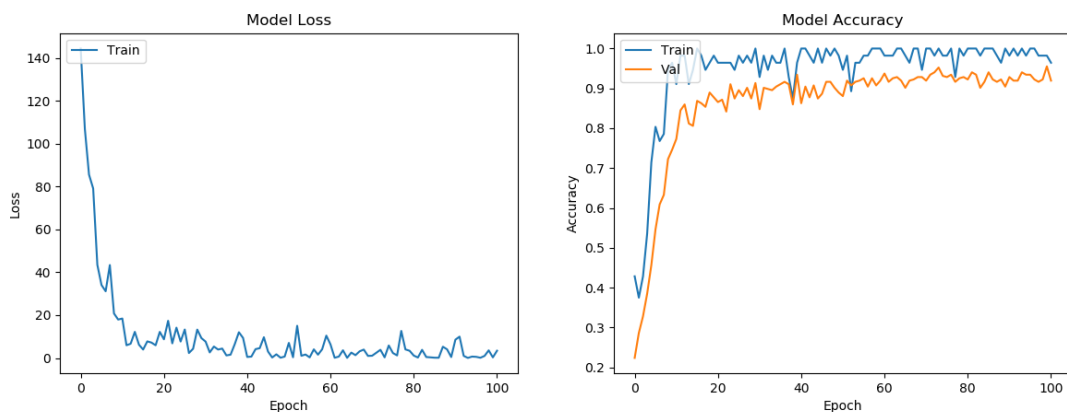
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	87.97	90.08	86.83	84.88	89.76	92.85
2	87.15	90.41	89.27	87.64	88.13	89.59
3	85.20	87.80	89.92	84.39	90.73	91.06
4	88.94	87.64	89.27	87.15	90.08	89.76
5	85.85	90.57	86.34	83.58	88.62	83.41
มากที่สุด	88.94	90.57	89.92	87.64	90.73	92.85
น้อยสุด	85.20	87.64	86.34	83.58	88.13	83.41
เฉลี่ย	87.02	89.30	88.33	85.53	89.46	89.33
S.D.	1.52	1.45	1.62	1.77	1.07	3.56

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	0.37	0.20	0.23	0.26	0.28	0.36
2	0.17	0.20	0.22	0.25	0.27	0.36
3	0.17	0.20	0.22	0.26	0.27	0.35
4	0.18	0.20	0.23	0.26	0.27	0.38
5	0.18	0.20	0.23	0.26	0.27	0.35
มากที่สุด	0.37	0.20	0.23	0.26	0.28	0.38
น้อยสุด	0.17	0.20	0.22	0.25	0.27	0.35
เฉลี่ย	0.21	0.20	0.23	0.26	0.27	0.36
S.D.	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01



รูปที่ 4.15 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ 4.16 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

จากตารางที่ 4.20 และ 4.21 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดที่ร้อยละ 92.85 ที่ขนาดเซลล์ 512x512 และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 83.41 ที่ขนาดเซลล์ 512x512 อีกเช่นกัน จากผลลัพธ์โมเดลนี้มีความคงทนต่อข้อมูลเป็นอย่างดีเพราะเมื่อใช้ข้อมูลทดสอบที่ไม่เคยฝึกสอนเลยแต่ยังคงผลลัพธ์ความแม่นยำที่สูงและใช้เวลาและใช้เวลาในการทำนายข้อมูลเสียง 615 ไฟล์เสียง โดยโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดใช้เวลาน้อยสุดที่ 0.35 วินาที

ตารางที่ 4.22 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

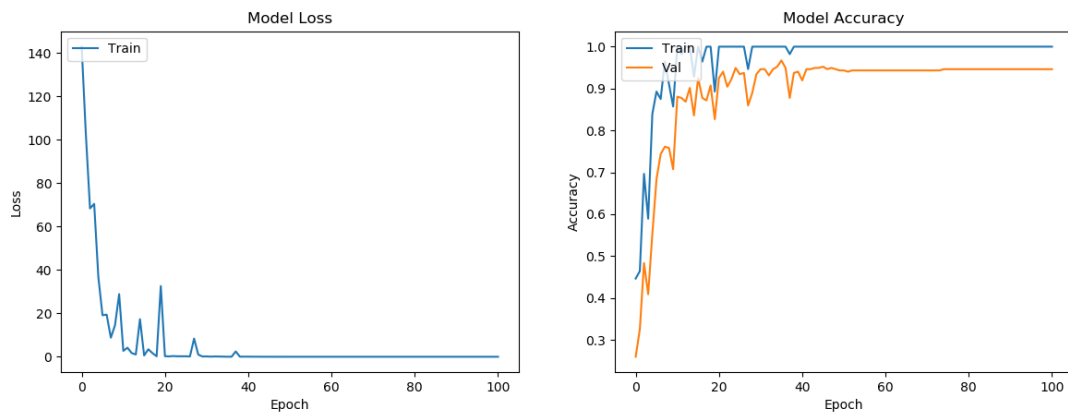
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	92.58	94.98	95.69	96.41	97.37	96.89
2	90.91	95.45	95.69	96.65	96.89	97.61
3	90.19	94.02	95.45	96.41	96.17	96.41
4	93.54	92.58	94.50	93.06	92.34	97.85
5	91.87	92.11	96.17	95.45	94.50	96.89
มากที่สุด	93.54	95.45	96.17	96.65	97.37	97.85
น้อยสุด	90.19	92.11	94.50	93.06	92.34	96.41
เฉลี่ย	91.82	93.83	95.50	95.60	95.45	97.13
S.D.	1.33	1.46	0.62	1.49	2.05	0.59

ตารางที่ 4.23 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

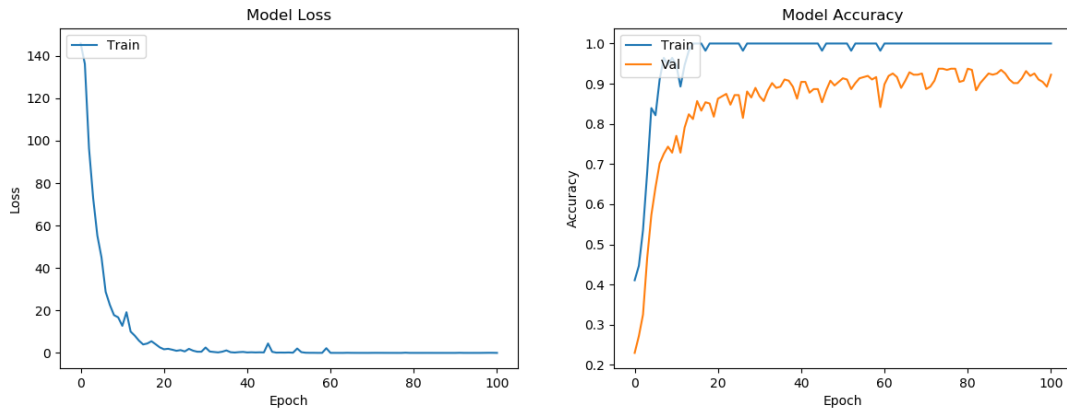
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	723.07	739.05	702.35	725.64	725.58	786.61
2	698.61	718.43	732.33	739.28	745.72	798.48
3	701.49	700.77	727.57	721.74	742.20	783.33
4	696.87	701.26	726.72	723.97	738.04	789.38
5	701.40	698.85	704.02	724.64	732.67	791.86
มากที่สุด	723.07	739.05	732.33	739.28	745.72	798.48
น้อยสุด	696.87	698.85	702.35	721.74	725.58	783.33
เฉลี่ย	704.29	711.67	718.60	727.05	736.84	789.93
S.D.	10.68	17.23	14.24	6.98	7.96	5.74

ตารางที่ 4.24 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	0.45	0.25	0.30	0.33	0.37	0.47
2	0.25	0.24	0.31	0.32	0.37	0.46
3	0.27	0.26	0.29	0.32	0.39	0.47
4	0.24	0.28	0.28	0.34	0.37	0.48
5	0.24	0.25	0.30	0.34	0.39	0.44
มากที่สุด	0.45	0.28	0.31	0.34	0.39	0.48
น้อยสุด	0.24	0.24	0.28	0.32	0.37	0.44
เฉลี่ย	0.29	0.26	0.30	0.33	0.38	0.46
S.D.	0.09	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02



รูปที่ 4.17 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ 4.18 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

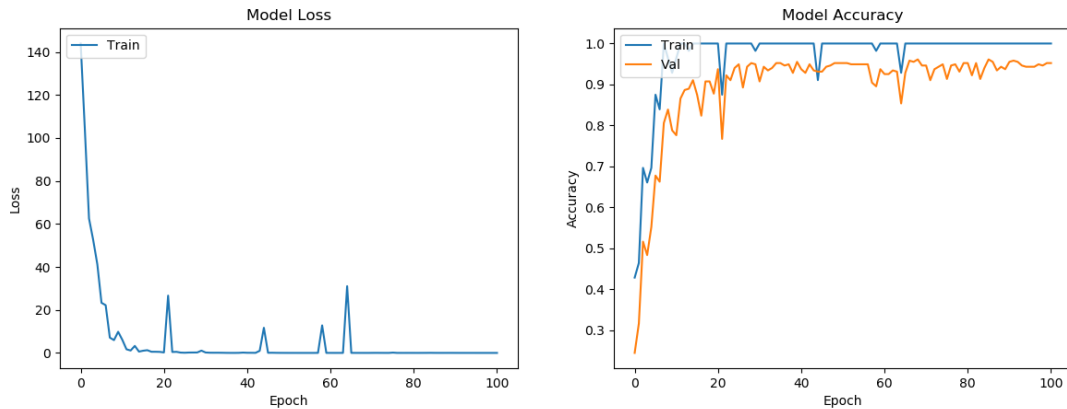
จากตารางที่ 4.22 4.23 และ 4.24 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดที่ร้อยละ 97.85 ที่ขนาดเซลล์ 512x512 และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 90.19 ที่ขนาดเซลล์ 128x128 จากผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเราเพิ่มเทคนิคการออกกลางคันแบบแปรผันทำให้ผลการทดลองความแม่นยำมากที่สุดเพิ่มขึ้นมาอีกเล็กน้อยประมาณร้อยละ 1 แต่ถ้าขนาดเซลล์น้อยกว่า 320x320 จะเห็นว่าความแม่นยำจะต่ำลงที่ประมาณร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 และใช้เวลาฝึกสอนและเวลาในการทำนายข้อมูลเสียง 418 ไฟล์เสียง มากกว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 เล็กน้อย โดยเวลาที่ใช้ฝึกสอนคิดจากโมเดลที่ให้ผลความแม่นยำมากที่สุดเพิ่มขึ้นประมาณ 15 วินาที และเวลาที่ใช้ในการทำนายเพิ่มขึ้นประมาณ 0.07 วินาที

ตารางที่ 4.25 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

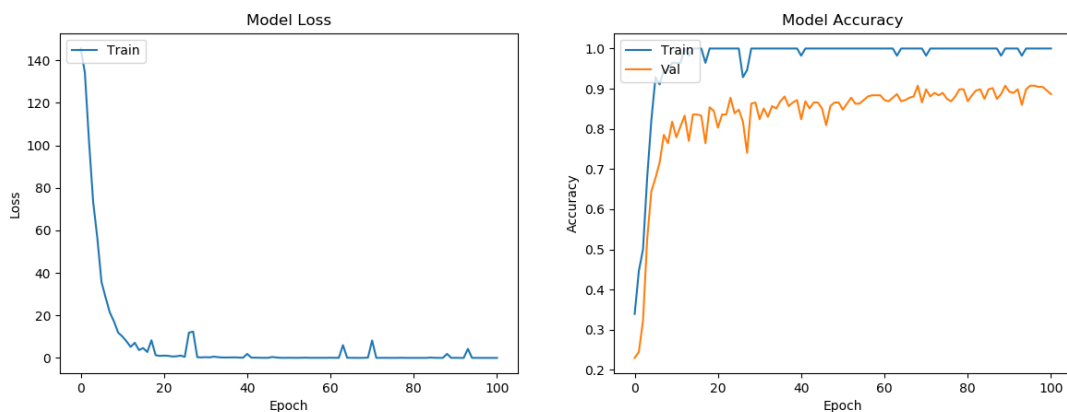
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	84.88	85.20	87.97	89.92	92.52	92.85
2	79.67	88.13	86.99	88.94	89.76	92.68
3	82.76	88.29	87.80	85.53	93.01	91.38
4	81.79	84.23	88.94	86.67	84.07	90.89
5	80.98	80.16	87.15	89.59	88.62	89.92
มากที่สุด	84.88	88.29	88.94	89.92	93.01	92.85
น้อยสุด	79.67	80.16	86.99	85.53	84.07	89.92
เฉลี่ย	82.02	85.20	87.77	88.13	89.60	91.54
S.D.	1.96	3.33	0.78	1.93	3.60	1.23

ตารางที่ 4.26 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	0.19	0.20	0.24	0.28	0.33	0.42
2	0.19	0.20	0.23	0.28	0.31	0.41
3	0.18	0.21	0.23	0.29	0.31	0.42
4	0.19	0.20	0.24	0.28	0.32	0.41
5	0.18	0.22	0.25	0.28	0.31	0.40
มากที่สุด	0.19	0.22	0.25	0.29	0.33	0.42
น้อยสุด	0.18	0.20	0.23	0.28	0.31	0.40
เฉลี่ย	0.19	0.21	0.24	0.28	0.32	0.41
S.D.	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01



รูปที่ 4.19 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ 4.20 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

จากตารางที่ 4.25 และ 4.26 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดที่ร้อยละ 93.01 ที่ขนาดเซลล์ 384x384 และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 79.67 ที่ขนาดเซลล์ 128x128 จากผลลัพธ์โมเดลนี้มีความคงทนต่อข้อมูลเป็นอย่างดีเพราะเมื่อใช้ข้อมูลทดสอบที่ไม่เคยฝึกสอนเลยแต่ยังคงผลลัพธ์ความแม่นยำที่สูงและใช้เวลาและใช้เวลาในการทำนายข้อมูลเสียง 615 ไฟล์เสียง โดยโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดใช้เวลาน้อยสุดที่ 0.31 วินาที และเมื่อวัดความแม่นยำจากค่าเฉลี่ยจะเห็นว่าขนาด 512x512 ได้ค่ามากที่สุดที่ร้อยละ 91.54 เมื่อเทียบกับโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ที่ได้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยมากที่สุดที่ร้อยละ 89.46

จะเห็นว่าโมเดลที่นำเสนอแบบที่ 2 นี้ให้ผลลัพธ์เฉลี่ยมากที่สุดมากกว่าประมาณร้อยละ 1 แต่เมื่อเทียบกับขนาดเซลล์ที่น้อยกว่า 320x320 ลงไปจะพบว่าค่าความแม่นยำของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ให้ผลค่าความแม่นยำเฉลี่ยที่ต่ำลงมากประมาณร้อยละ 6 ดังนั้นขนาดเซลล์ที่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องพิจารณาสำหรับโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2

ตารางที่ 4.27 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

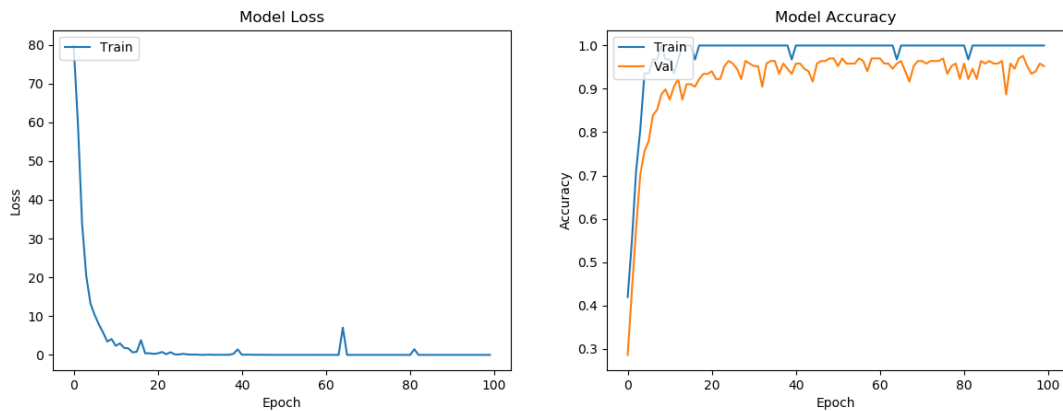
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 (K-Fold)					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	97.13	97.61	98.33	97.37	97.85	97.85
2	96.41	97.61	98.33	97.85	97.85	98.09
3	97.37	97.85	98.56	98.33	98.33	97.85
4	97.13	98.09	98.33	98.33	97.85	98.09
5	97.13	98.56	97.37	97.85	97.85	98.09
มากที่สุด	97.37	98.56	98.56	98.33	98.33	98.09
น้อยสุด	96.41	97.61	97.37	97.37	97.85	97.85
เฉลี่ย	97.03	97.94	98.18	97.95	97.95	97.99
S.D.	0.36	0.40	0.47	0.40	0.21	0.13

ตารางที่ 4.28 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

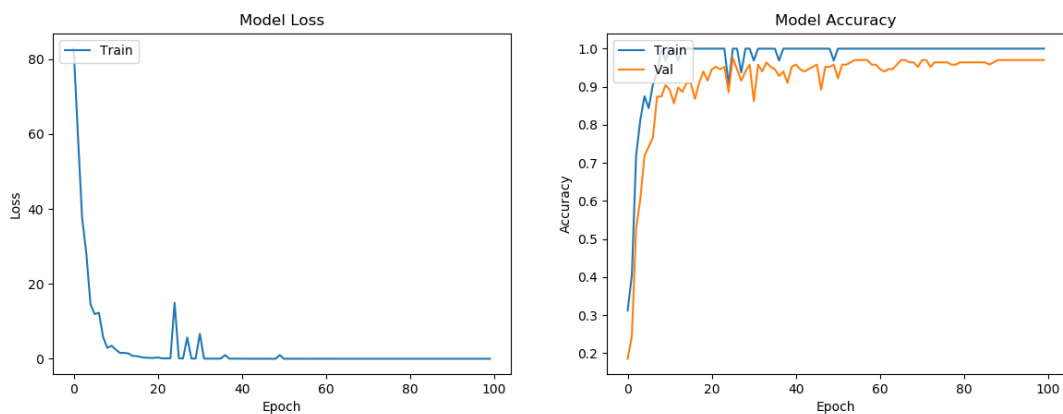
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 (K-Fold)					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	8405.18	8347.07	8316.82	8696.31	8872.14	9396.46
2	8221.07	8630.76	8371.52	8654.34	8647.26	9339.57
3	8357.57	8400.40	8265.89	8719.14	8665.64	9189.78
4	8528.44	8446.72	8173.38	8621.95	8635.33	9173.48
5	8287.56	8327.07	8347.04	8696.90	8779.95	9436.91
มากที่สุด	8528.44	8630.76	8371.52	8719.14	8872.14	9436.91
น้อยสุด	8221.07	8327.07	8173.38	8621.95	8635.33	9173.48
เฉลี่ย	8359.96	8430.40	8294.93	8677.73	8720.06	9307.24
S.D.	117.23	121.38	78.55	39.01	102.66	119.90

ตารางที่ 4.29 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

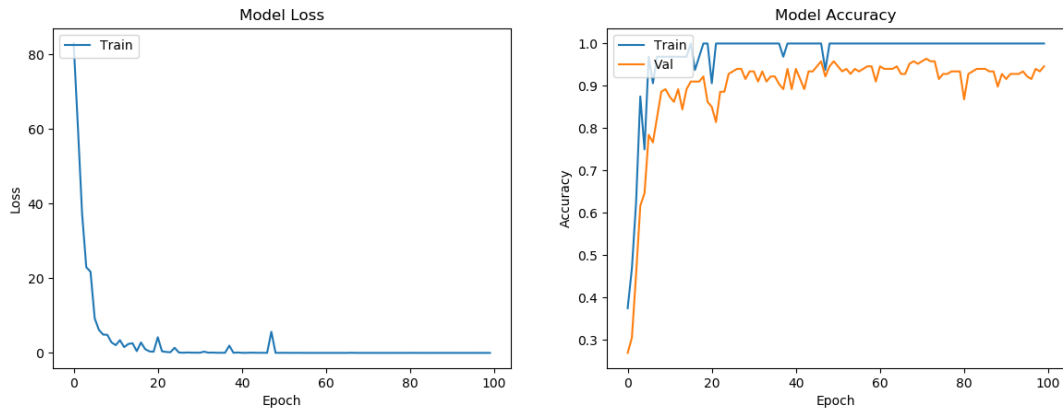
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 (K-Fold)					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	2.26	2.44	2.66	2.99	3.31	4.15
2	2.17	2.41	2.69	2.84	3.26	4.15
3	2.21	2.35	2.66	3.04	3.30	4.12
4	2.22	2.33	2.68	2.87	3.27	4.22
5	2.24	2.26	2.62	2.92	3.29	4.22
มากที่สุด	2.26	2.44	2.69	3.04	3.31	4.22
น้อยสุด	2.17	2.26	2.62	2.84	3.26	4.12
เฉลี่ย	2.22	2.36	2.66	2.93	3.29	4.17
S.D.	0.03	0.07	0.03	0.08	0.02	0.05



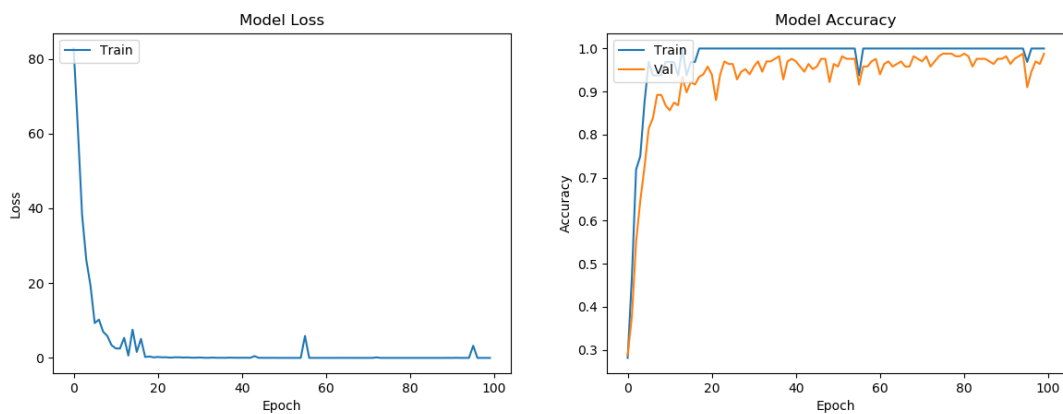
รูปที่ 4.21 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค
K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 1



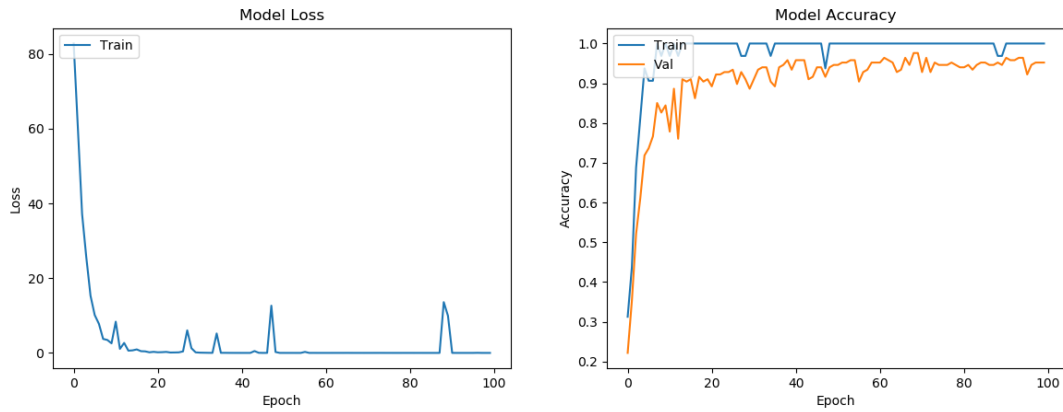
รูปที่ 4.22 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค
K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 2



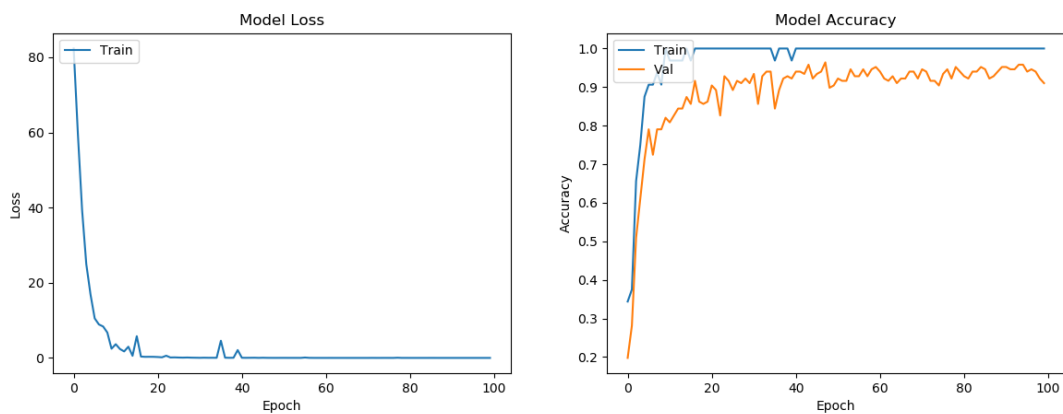
รูปที่ 4.23 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 3



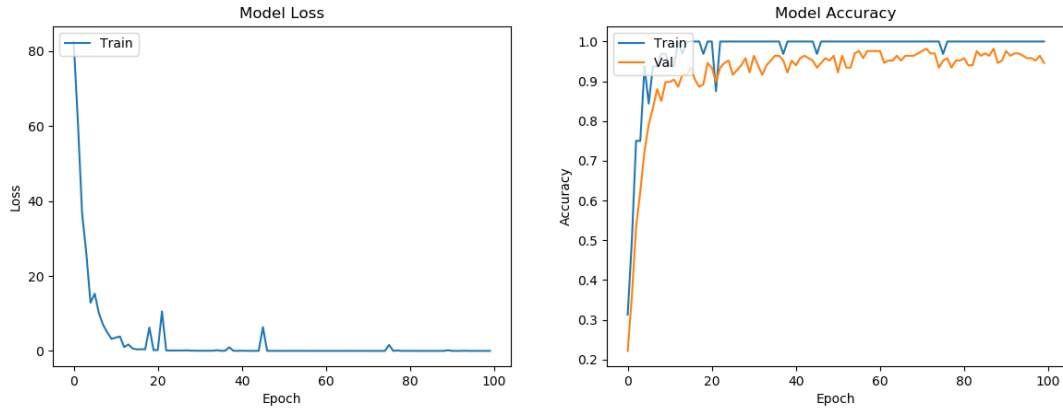
รูปที่ 4.24 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 4



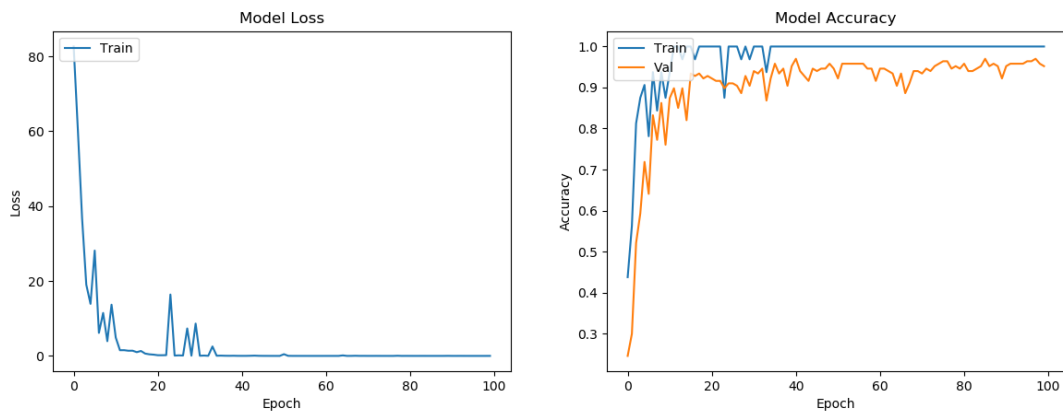
รูปที่ 4.25 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 5



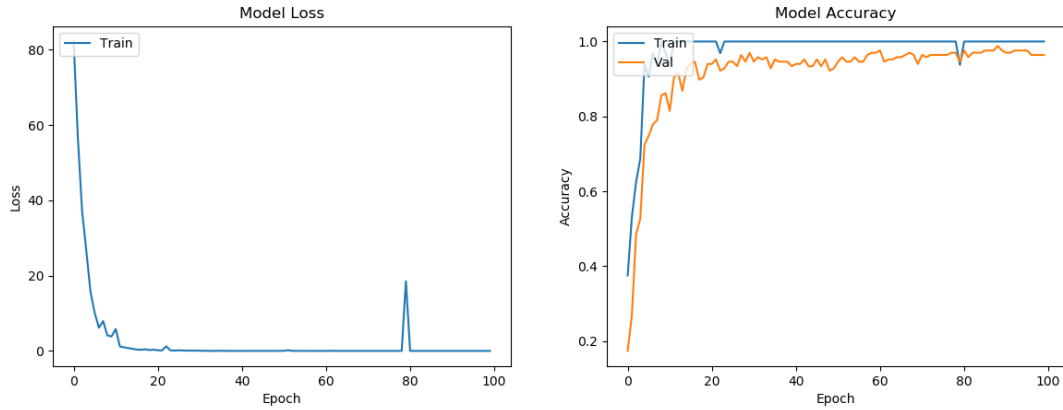
รูปที่ 4.26 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 6



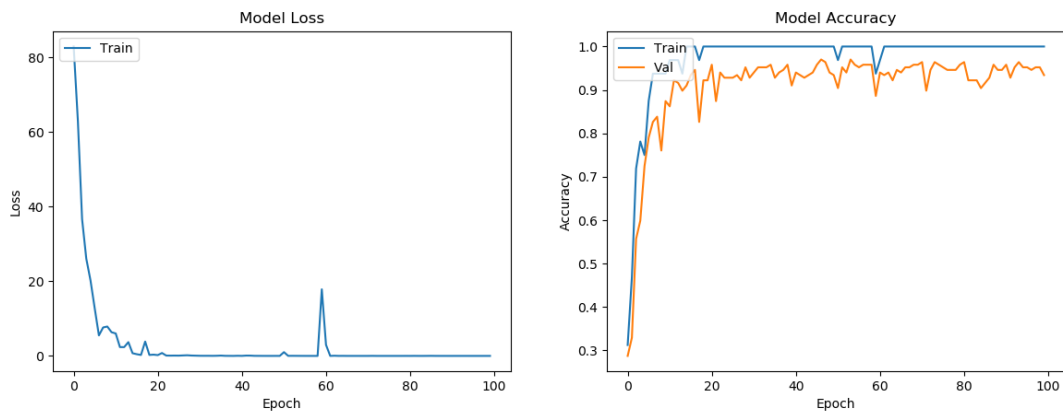
รูปที่ 4.27 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 7



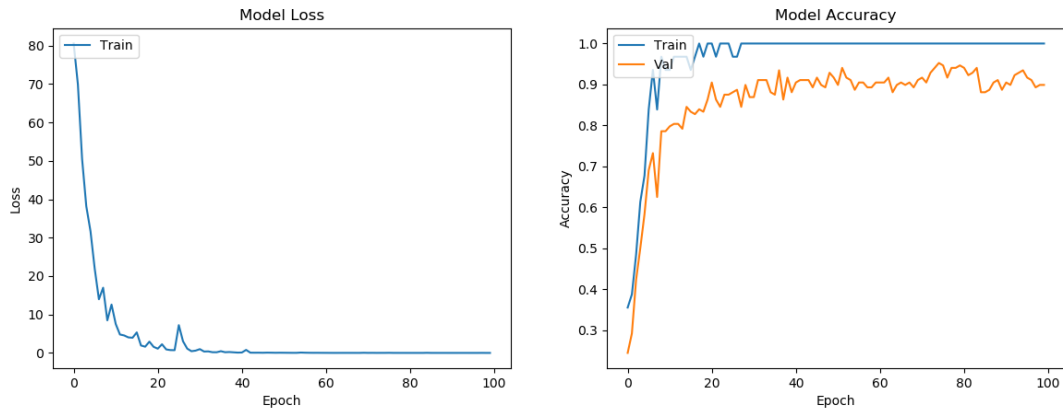
รูปที่ 4.28 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 8



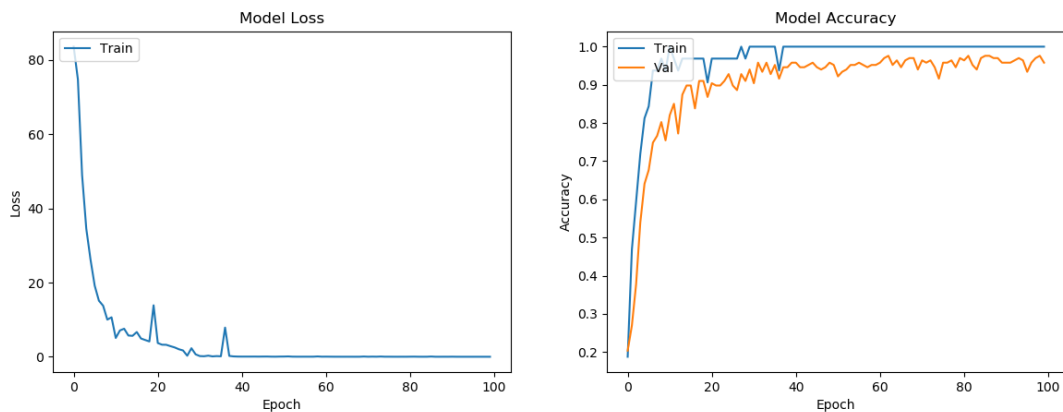
รูปที่ 4.29 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 9



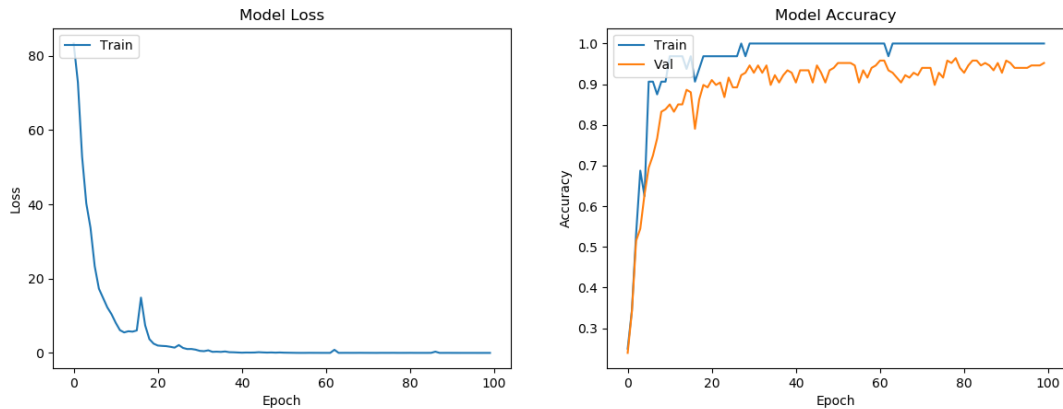
รูปที่ 4.30 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 10



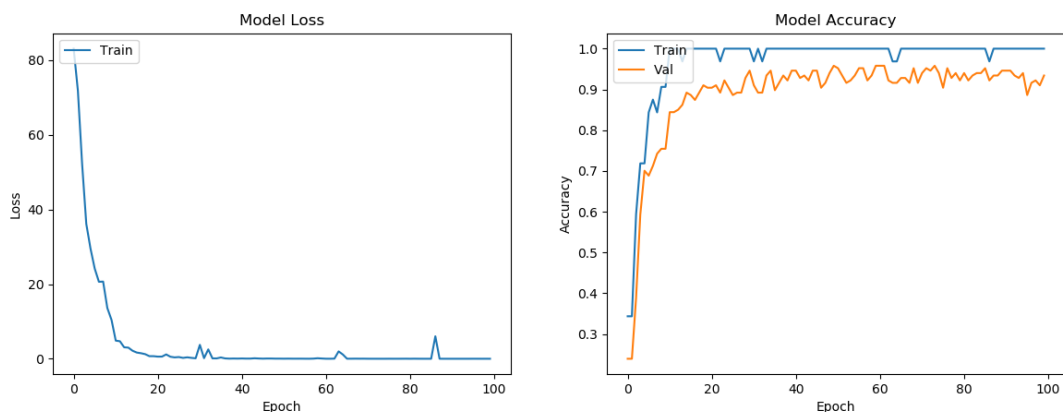
รูปที่ 4.31 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 1



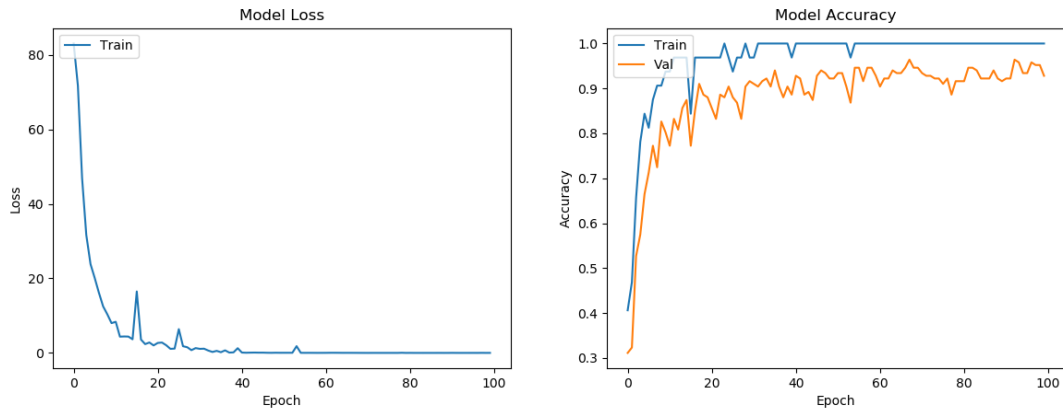
รูปที่ 4.32 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 2



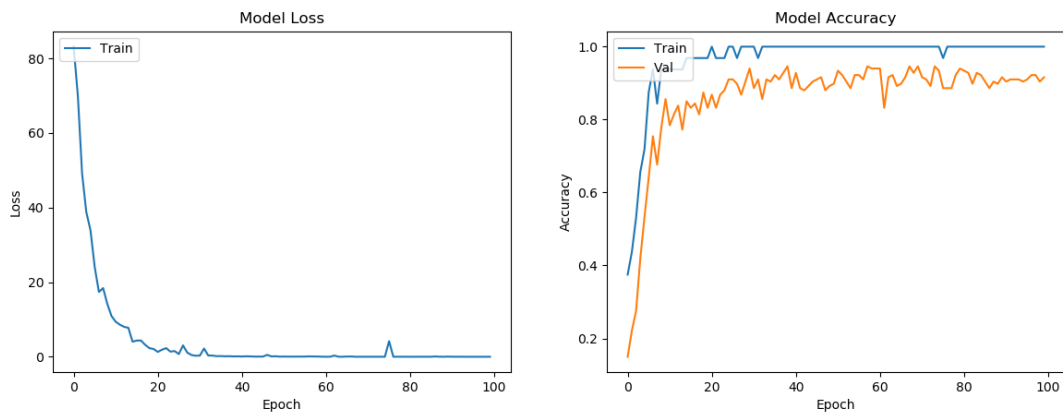
รูปที่ 4.33 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 3



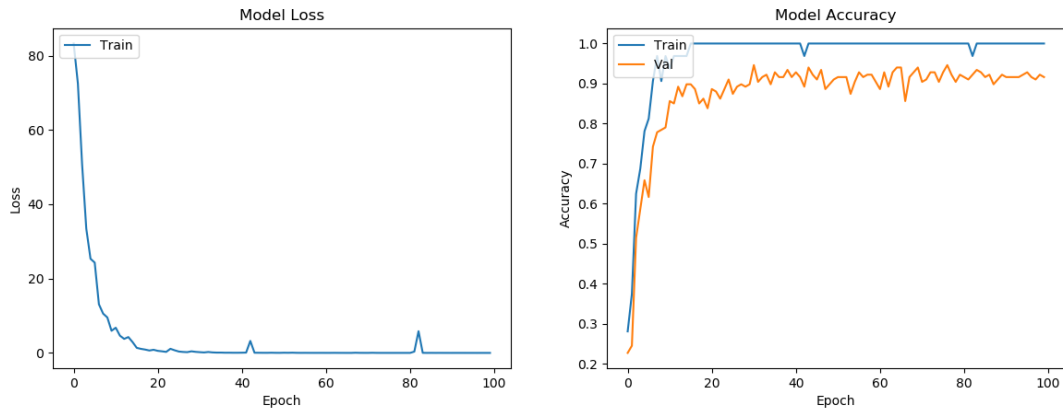
รูปที่ 4.34 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 4



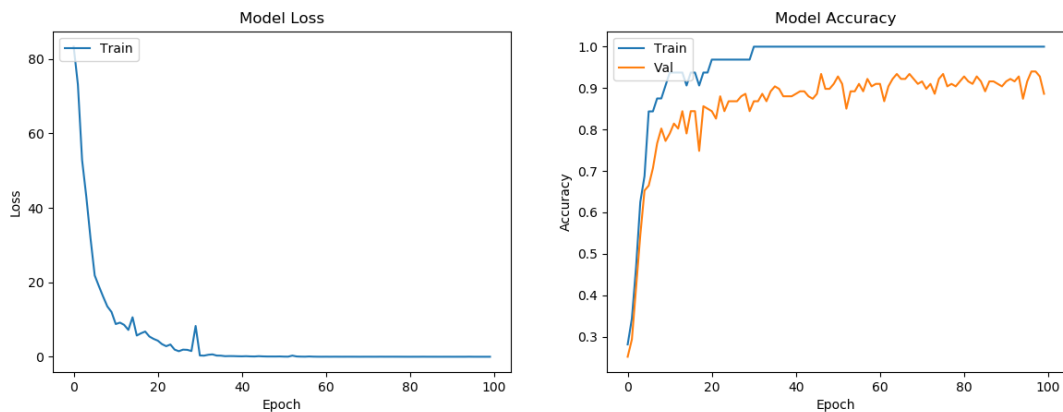
รูปที่ 4.35 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค
K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 5



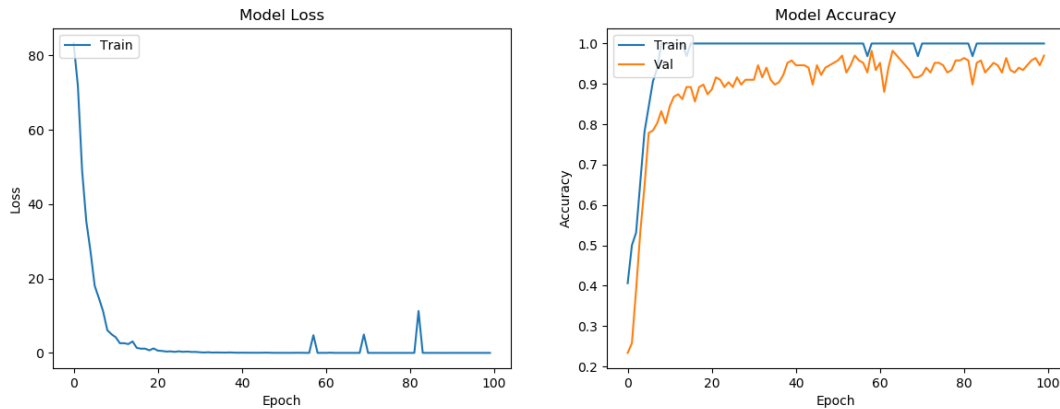
รูปที่ 4.36 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค
K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 6



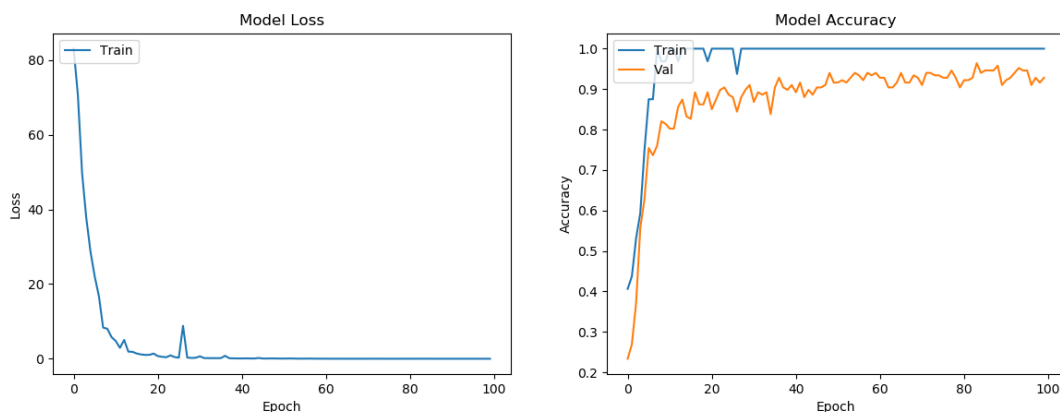
รูปที่ 4.37 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค
K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 7



รูปที่ 4.38 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค
K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 8



รูปที่ 4.39 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค
K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 9



รูปที่ 4.40 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค
K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 10

จากตารางที่ 4.27 4.28 และ 4.29 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดที่ถึงร้อยละ 98.56 ที่ขนาดเซลล์ 256x256 ซึ่งถือว่าให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดในบรรดาโมเดลที่นำเสนอทั้งหมด และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 96.41 ที่ขนาดเซลล์ 128x128 ซึ่งก็ยิ่งถือว่าให้ค่าความแม่นยำที่สูงเช่นกัน แต่ใช้เวลาในการฝึกสอนเฉลี่ยที่ขนาดเซลล์ที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดมากถึง 8295 วินาที ซึ่งถ้าเทียบกับ

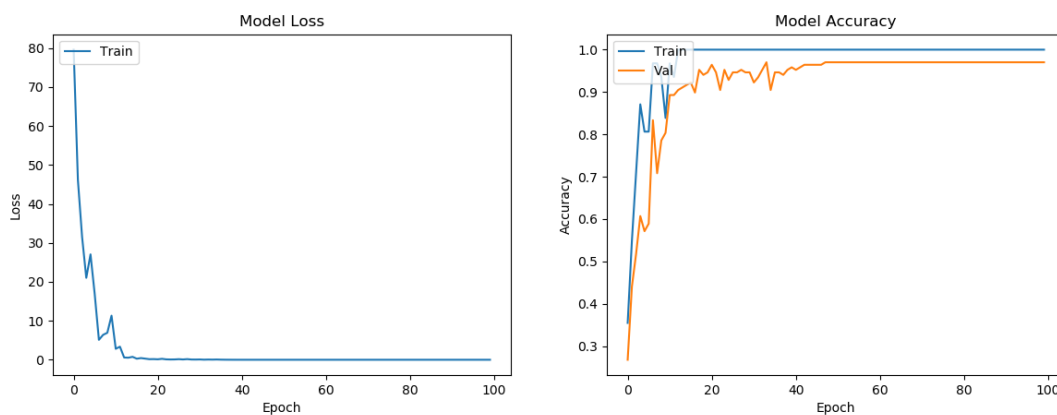
โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวทั่วไปใช้เวลามากกว่าประมาณ 10 เท่า และในการทำนายข้อมูลเสียง 418 ไฟล์เสียง โดยโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดใช้เวลาเฉลี่ยที่ 2.66 วินาที ซึ่งใช้เวลามากกว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวทั่วไปประมาณ 10 เท่าเช่นกัน

ตารางที่ 4.30 ผลการทดลองความแม่นยำโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

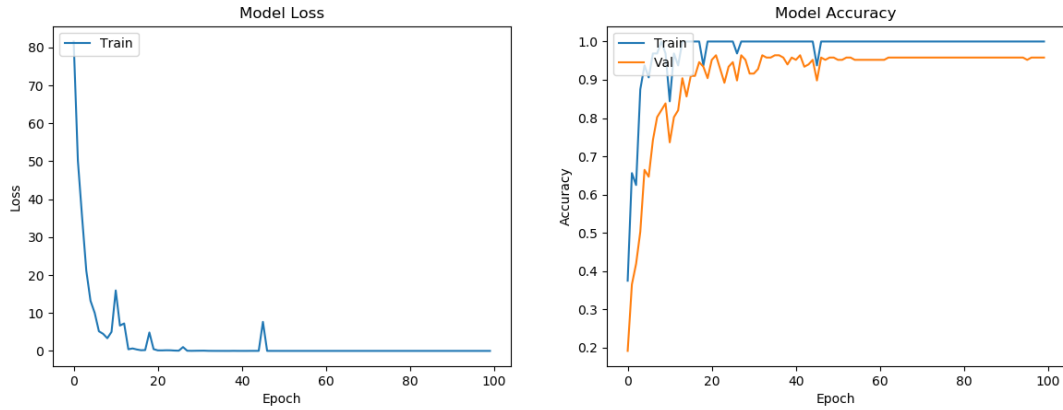
ครั้งที่	ความแม่นยำ					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 (K-Fold)					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	87.64	90.57	92.85	93.17	93.01	94.96
2	87.80	91.87	92.36	93.33	95.12	95.61
3	88.46	91.38	93.01	93.66	93.98	95.12
4	89.59	91.87	92.03	93.17	93.66	95.28
5	88.78	91.38	92.68	93.98	94.63	94.96
มากที่สุด	89.59	91.87	93.01	93.98	95.12	95.61
น้อยสุด	87.64	90.57	92.03	93.17	93.01	94.96
เฉลี่ย	88.45	91.41	92.59	93.46	94.08	95.19
S.D.	0.79	0.53	0.39	0.35	0.82	0.27

ตารางที่ 4.31 ผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการทำนายโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน โดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

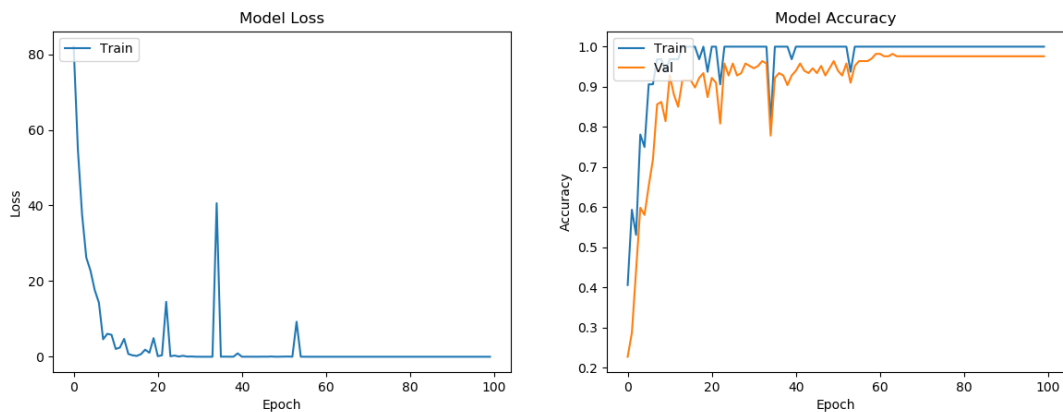
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการทำนาย (วินาที)					
	ขนาดเซลล์ของหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 (K-Fold)					
	128x128	192x192	256x256	320x320	384x384	512x512
1	1.91	2.12	2.32	2.88	2.98	3.88
2	1.91	1.98	2.30	2.68	2.99	3.89
3	1.89	1.99	2.32	2.66	2.99	3.87
4	1.94	2.02	2.29	2.70	2.97	3.90
5	1.89	1.98	2.33	2.76	2.98	3.86
มากที่สุด	1.94	2.12	2.33	2.88	2.99	3.90
น้อยสุด	1.89	1.98	2.29	2.66	2.97	3.86
เฉลี่ย	1.91	2.02	2.31	2.74	2.98	3.88
S.D.	0.02	0.06	0.02	0.09	0.01	0.02



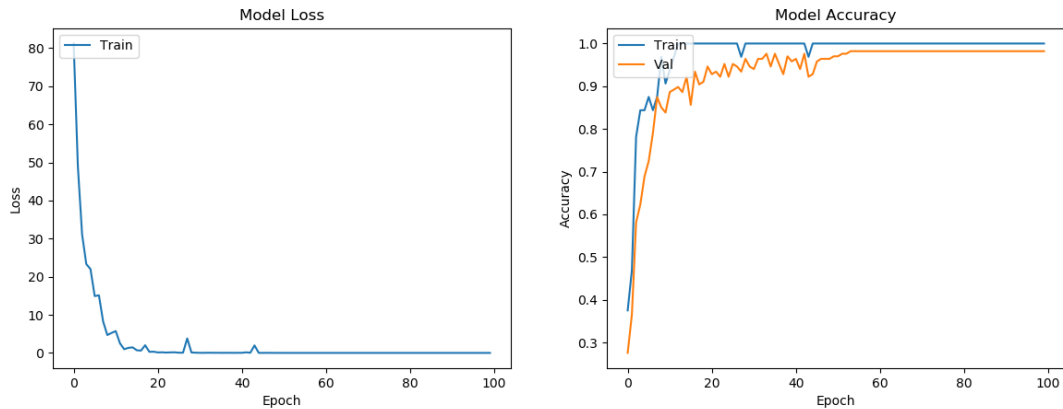
รูปที่ 4.41 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 1



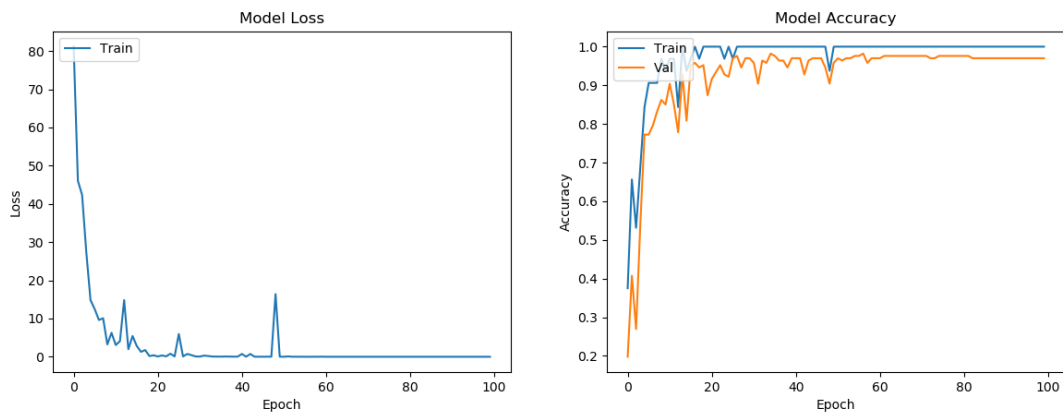
รูปที่ 4.42 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 2



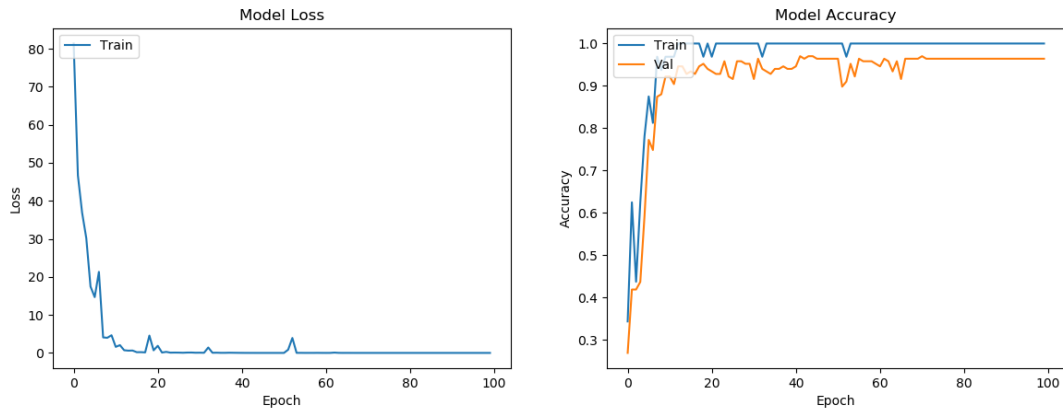
รูปที่ 4.43 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 3



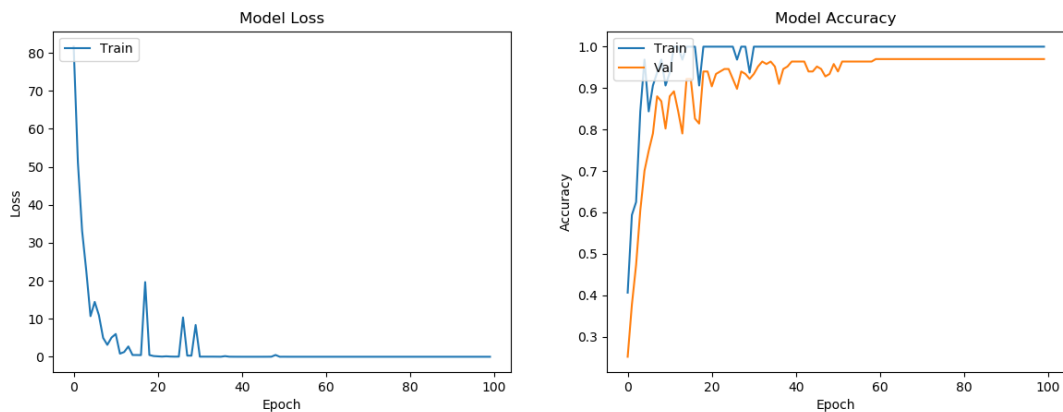
รูปที่ 4.44 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 4



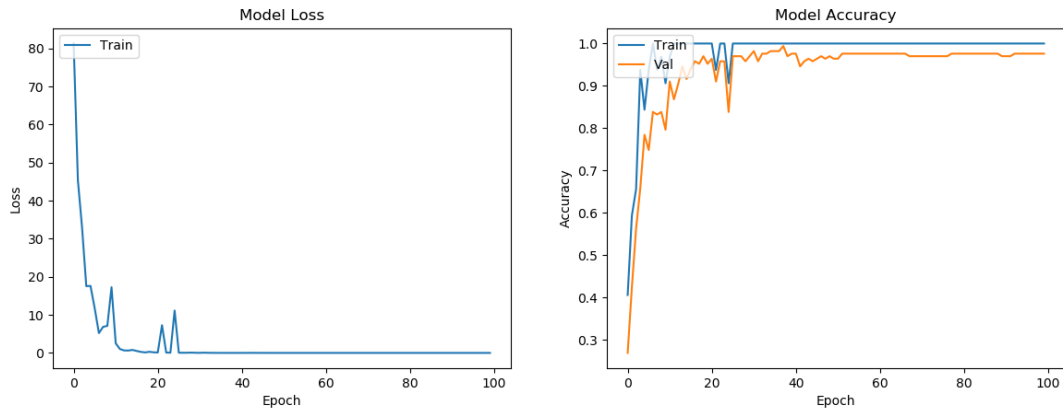
รูปที่ 4.45 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 5



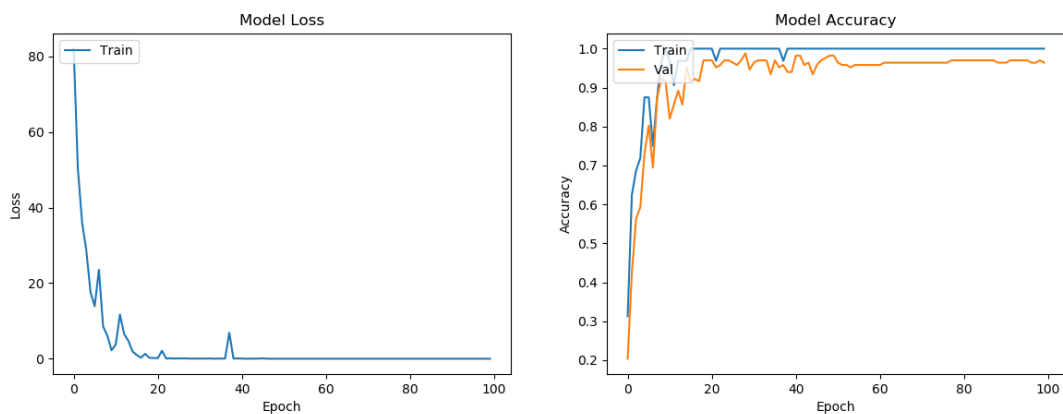
รูปที่ 4.46 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 6



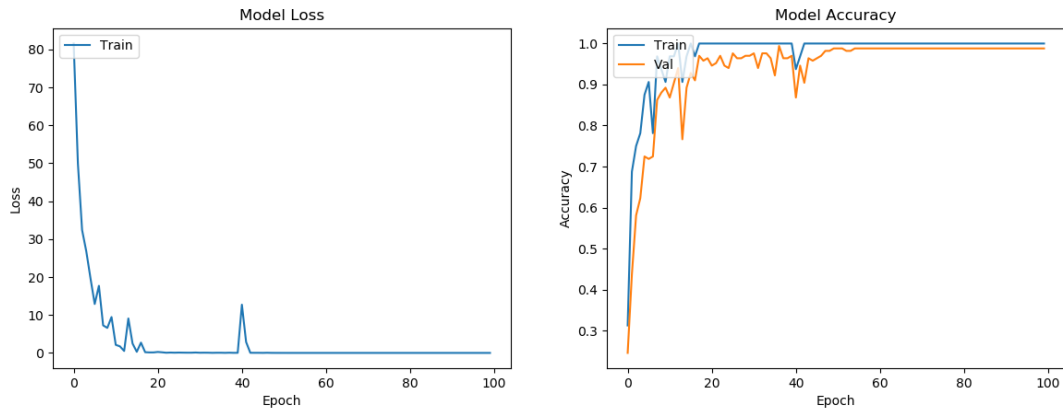
รูปที่ 4.47 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 7



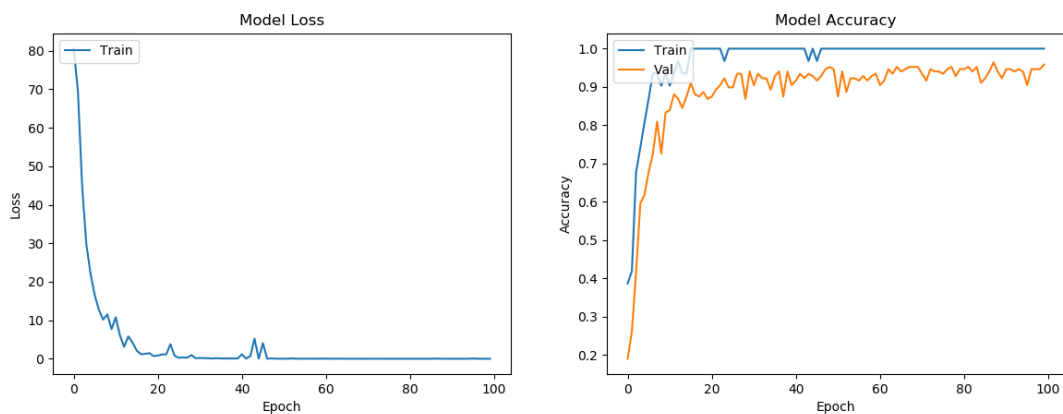
รูปที่ 4.48 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 8



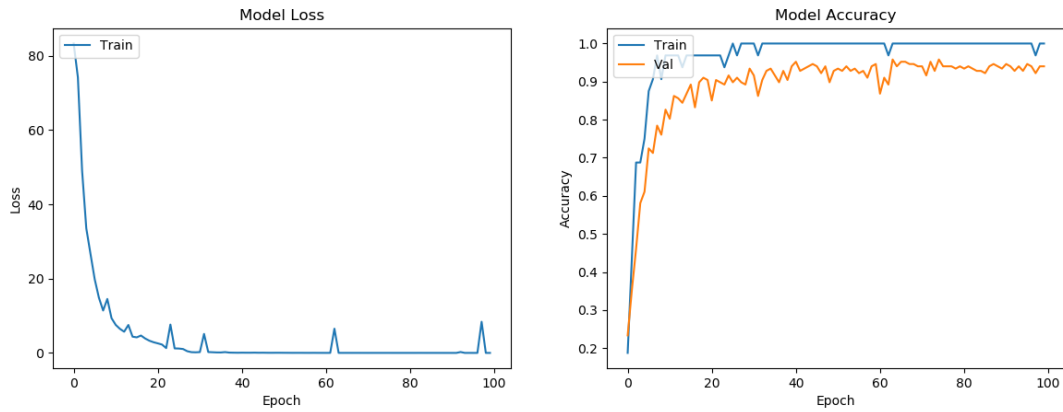
รูปที่ 4.49 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 9



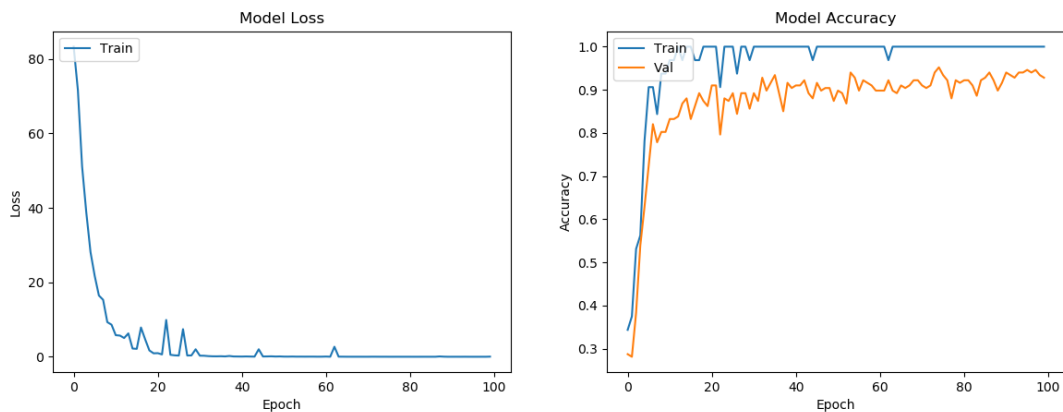
รูปที่ 4.50 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 10



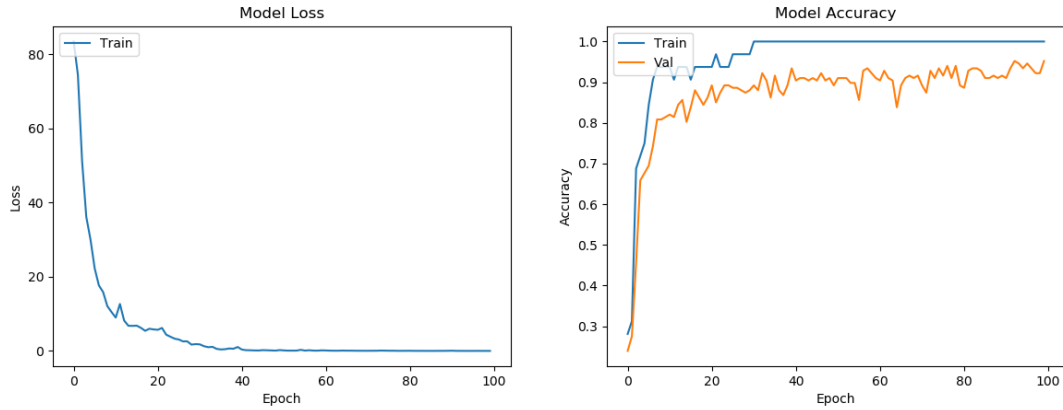
รูปที่ 4.51 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 1



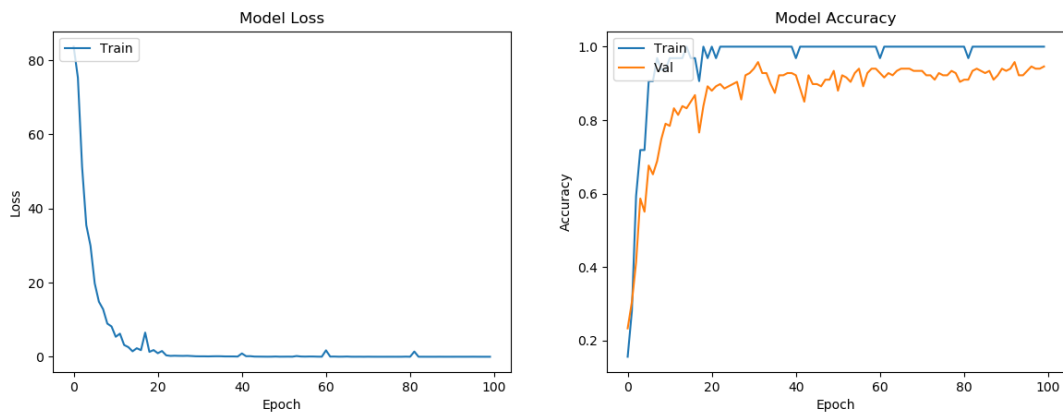
รูปที่ 4.52 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 2



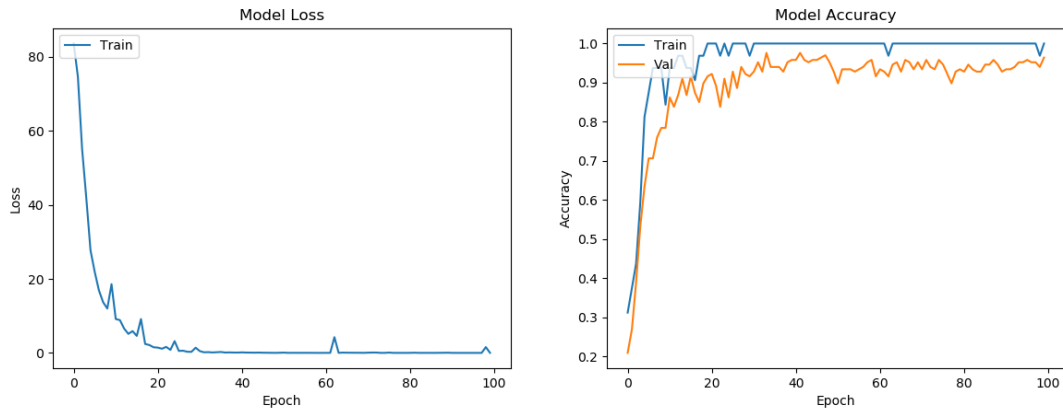
รูปที่ 4.53 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 3



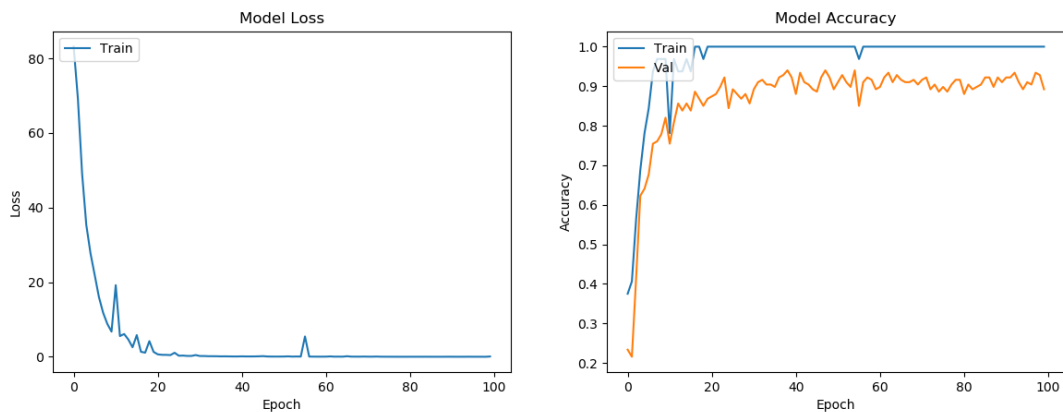
รูปที่ 4.54 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 4



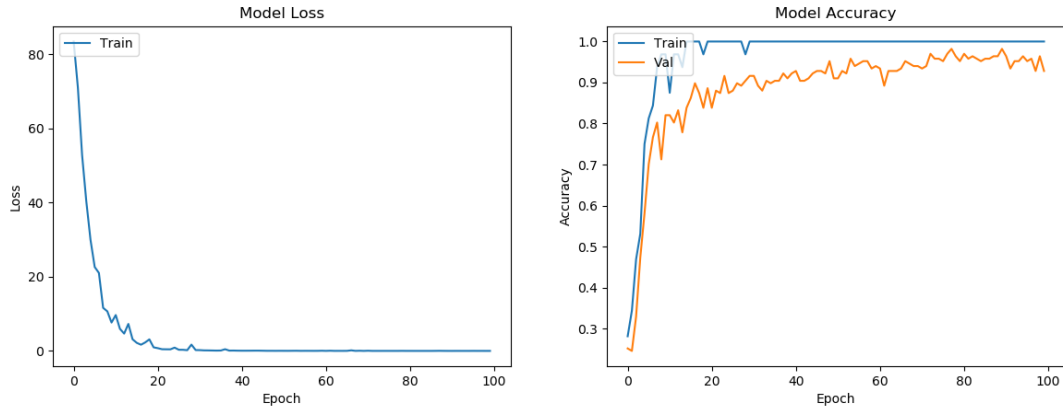
รูปที่ 4.55 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 5



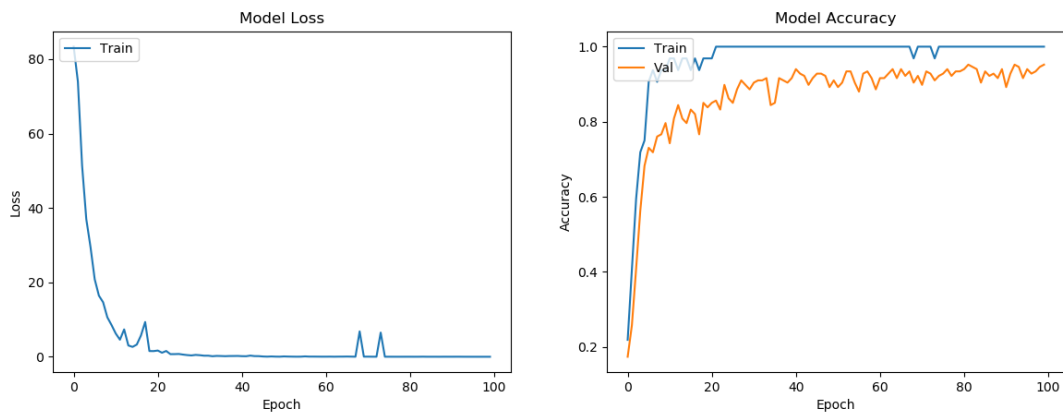
รูปที่ 4.56 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 6



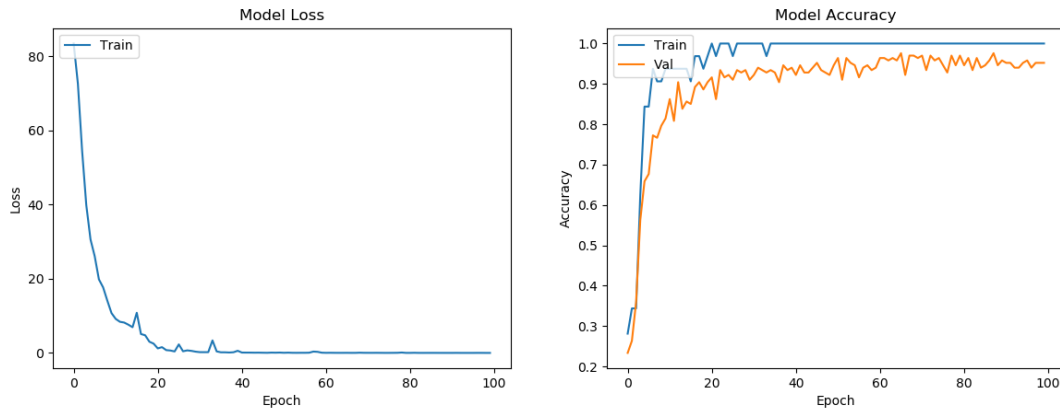
รูปที่ 4.57 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 7



รูปที่ 4.58 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 8



รูปที่ 4.59 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุด
ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross
Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 9



รูปที่ 4.60 กราฟแสดง Loss และ Accuracy ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 ที่ทำนายกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 K-Fold ที่ 10

จากตารางที่ 4.30 และ 4.31 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดที่ถึงร้อยละ 95.61 ที่ขนาดเซลล์ 512x512 ซึ่งถือว่าให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดในบรรดาโมเดลที่นำเสนอทั้งหมด และมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 89.59 ที่ขนาดเซลล์ 128x128 แต่ใช้เวลาในการฝึกสอนเฉลี่ยที่ขนาดเซลล์ที่ให้ความแม่นยำมากที่สุดมากถึง 9307 วินาที ซึ่งถ้าเทียบกับโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวทั่วไปใช้เวลามากกว่าประมาณ 12 เท่า และในการทำนายข้อมูลเสียง 615 ไฟล์เสียง โดยโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดใช้เวลาเฉลี่ยที่ 3.88 วินาที ซึ่งใช้เวลามากกว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวทั่วไปประมาณ 12 เท่าเช่นกัน

4.2 การอภิปรายผล

ในการอภิปรายผลการวิจัยการทำนายเสียงพูดสั่งการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู่ พัดลม และ ม่าน โดยใช้โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 และ โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 เปรียบเทียบผลลัพธ์กับโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องอีก 3 โมเดล ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบทั่วไปจากผลการวิจัยข้อ 4.1 ซึ่งอภิปรายได้ดังนี้

ตารางที่ 4.32 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ในการทดลองในการทำนายเสียงพูดสั่งการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู่ พัดลม และ ม่าน

โมเดล	ชุดข้อมูล	
	ชุดข้อมูลที่ 1	ชุดข้อมูลที่ 2
โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น	84.64	49.43
โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	94.50	84.98
โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว	94.64	83.64
โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1	96.55	89.46
โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2	97.13	91.54
โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10	98.18	95.19

จากตารางที่ 4.32 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ในการทดลองในการทำนายเสียงพูดสั่งการเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู่ พัดลม และ ม่าน จากข้อมูลชุดที่ 1 ที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันจะเห็นว่าประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพในการทำนายสูงที่สุดเมื่อเทียบกับโมเดลอื่นแต่ก็ยังมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อทำนายกับชุดข้อมูลที่ 2 ที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน จะเห็นว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการใช้สแตกเซลล์หลายชั้น และ การใช้เทคนิควิธีออกกลางคันแบบแปรผัน โดยเมื่อมีการนำ K-Fold Cross Validation เข้ามาร่วมทำให้โมเดลมีประสิทธิภาพรองรับข้อมูลเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

อย่างมากแม้จะไม่มีข้อมูลเสียงของคนนั้นๆ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนเลยก็ตาม หรือปัญหาเรื่องข้อมูลเสียงมีน้อยเกินไปเนื่องจากการใช้ K-Fold Cross Validation ทำให้เข้าถึงชุดฝึกสอนข้อมูลครอบคลุมทุกประเภทเสียงและยังสามารถช่วยกันทำนายเสียงในแต่ละชุดทำนายที่ได้จากกระบวนการนี้อีกด้วยทำให้โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 มีประสิทธิภาพมากกว่าโมเดลอื่นๆ

ตารางที่ 4.33 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนและทำนายของโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยมากสุดในการทดลองกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

โมเดล	เวลา (วินาที)	
	ฝึกสอน	ทำนาย
โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น	10.51	0.02
โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	594.72	2.56
โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว	496.25	0.22
โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1	697.82	0.27
โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2	789.93	0.41
โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10	9307.24	3.88

จากตารางที่ 4.33 จะเห็นว่าแม้โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 จะให้ค่าความแม่นยำมากสุดในบรรดาโมเดลที่นำเสนอทั้งหมดแต่ต้องใช้เวลาในการฝึกสอนมากที่สุดเช่นกัน และเมื่อนำ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 เข้ามาใช้ร่วมทำให้อีกใช้เวลาเพิ่มขึ้นไปอีกโดยประมาณ 10 ถึง 15 เท่า และใช้เวลาในการทำนายมากถึง 3.88 วินาที ซึ่งถือว่านานที่สุดอีกเช่นกัน เนื่องจากการใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 ทำให้โมเดลต้องฝึกสอนเป็นจำนวน 10 รอบ และตอนทำนายก็ต้องหาค่าเฉลี่ยจากโมเดลทั้ง 10 ที่ถูกแบ่งขณะฝึกสอนทำให้เกิดการทำนาย 10 รอบ เช่นกัน จึงทำให้โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 นั้นใช้เวลาานมากที่สุดทั้งฝึกสอนและทำนาย

ตารางที่ 4.34 F1-Score เฉลี่ยที่ให้ค่ามากที่สุดในแต่ละโมเดลกับชุดข้อมูลที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

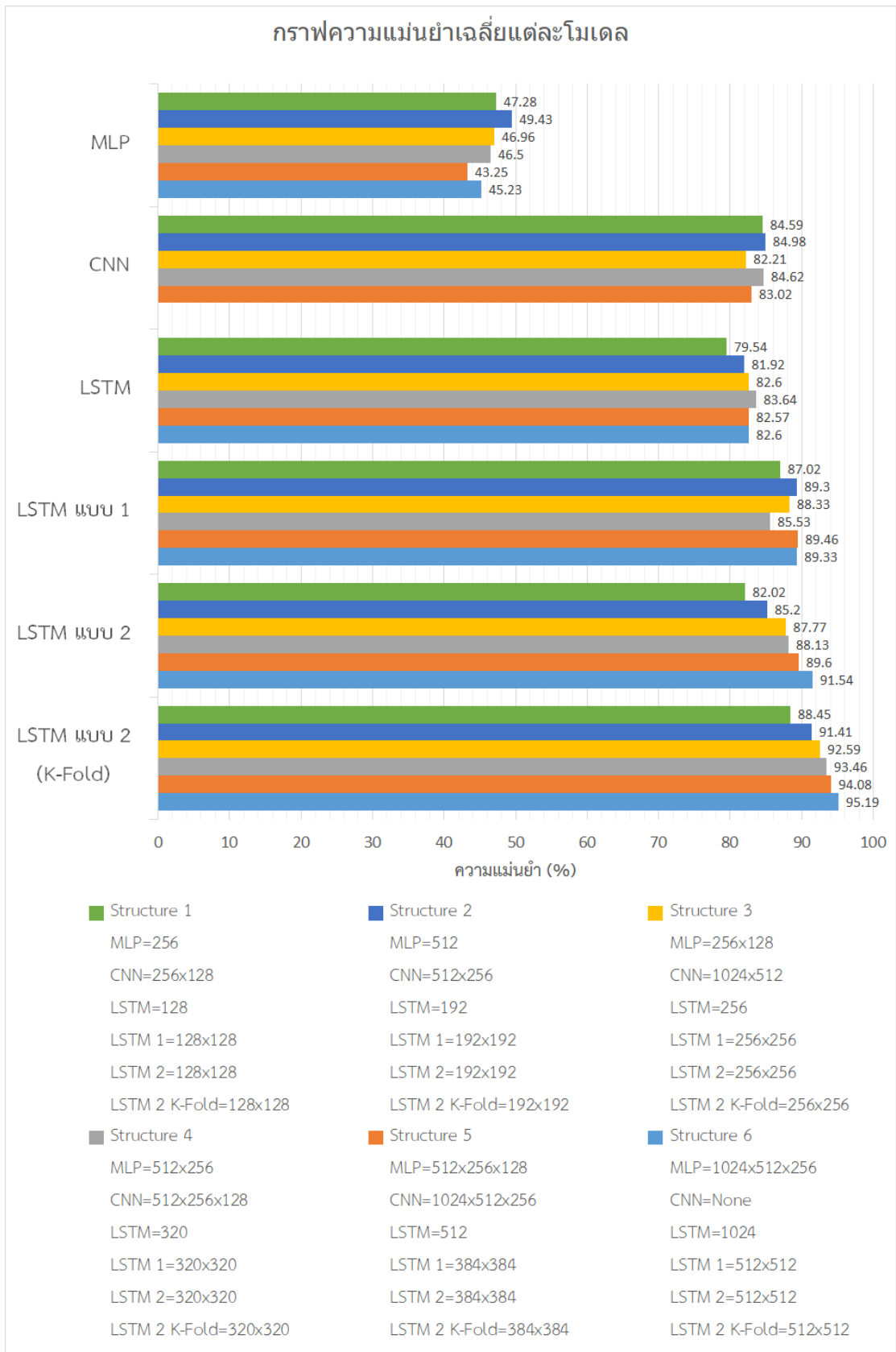
โมเดล	คลาส						
	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
MLP	0.48	0.60	0.56	0.61	0.44	0.49	0.17
CNN	0.81	0.87	0.91	0.87	0.88	0.84	0.96
LSTM	0.83	0.86	0.84	0.90	0.87	0.80	0.84
LSTM ที่นำเสนอ แบบที่ 1	0.87	0.93	0.88	0.93	0.91	0.88	0.94
LSTM ที่นำเสนอ แบบที่ 2	0.89	0.93	0.90	0.93	0.96	0.93	0.93
LSTM ที่นำเสนอ แบบที่ 2 ใช้ K-Fold	0.95	0.97	0.92	0.95	0.98	0.98	0.96

ตารางที่ 4.34 (ต่อ) F1-Score เฉลี่ยที่ให้ค่ามากที่สุดในแต่ละโมเดลที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

โมเดล	คลาส						
	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
MLP	0.52	0.53	0.64	0.40	0.38	0.38	0.48
CNN	0.95	0.85	0.88	0.72	0.75	0.73	0.81
LSTM	0.88	0.80	0.81	0.79	0.78	0.77	0.72
LSTM ที่นำเสนอ แบบที่ 1	0.95	0.86	0.91	0.88	0.86	0.82	0.86
LSTM ที่นำเสนอ แบบที่ 2	0.95	0.92	0.95	0.90	0.92	0.83	0.84
LSTM ที่นำเสนอ แบบที่ 2 ใช้ K-Fold	0.97	0.94	0.96	0.94	0.97	0.90	0.92

จากตารางที่ 4.34 จะเห็นว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นจะทำนายเสียงพูดเปิดประตูได้ดีที่สุดแต่ก็ยังถือว่าประสิทธิภาพต่ำ โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบ

คอนโวลูชันเมื่อทำนายกับเสียงพูดทีวีทั้งเปิดและปิดจะประสิทธิภาพมากที่สุด โมเดลโครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวทำนายเสียงพูดเปิดแอร์ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โครงข่าย
หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ทำนายเสียงพูดทีวีทั้งเปิดและปิดได้มี
ประสิทธิภาพมากที่สุด โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ทำนายเสียงพูด
ปิดคอมและเปิดทีวีได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอ
แบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 ทำนายเสียงพูดเปิดคอมและปิดคอมได้อย่างมี
ประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้ถ้ามองภาพรวมจะเห็นว่าเสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีสามารถทำนายได้
ค่อนข้างดีในแต่ละโมเดลและเสียงพูดเปิดพัดลม ปิดพัดลม เปิดม่าน และ ปิดม่าน ทำได้ค่อนข้างต่ำสุด
ในแต่ละโมเดล



รูปที่ 4.61 กราฟแสดงความแม่นยำเฉลี่ยแต่ละโมเดล

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 และ โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 เป็นโมเดลหลัก และนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพความถูกต้องกับโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องอีก 3 โมเดล ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้น โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และ โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบทั่วไป เพื่อใช้ทำนายเสียงพูดภาษาไทยสั่งเปิดและปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู พัดลม และ ม่าน

ในการทำนายเสียงพูดด้วยการเรียนรู้ของเครื่องมีการใช้ข้อมูลชุดทดสอบ ที่แบ่งออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันและชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน โดยชุดข้อมูลทั้งหมดได้จากการเก็บรวบรวมเองซึ่งข้อมูลเสียงที่ได้นั้นมีสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน โดยการทดลองได้ทำการทดลองแต่ละโมเดลที่นำเสนอเป็นจำนวน 5 ครั้ง และใช้ 100 Epoch ในแต่ละโมเดล ในการทดลองกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันได้ผลลัพธ์โดยโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 ให้ผลค่าความแม่นยำเฉลี่ยมากที่สุดที่ร้อยละ 98.18 รองลงมาเป็นโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ร้อยละ 97.13 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ที่ร้อยละ 96.55 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ร้อยละ 94.64 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่ร้อยละ 94.50 และ โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่ร้อยละ 84.64 ตามลำดับ และการทดลองกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้มีอยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนได้ผลลัพธ์โดยโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด 10 ให้ผลค่าความแม่นยำมากที่สุดที่ร้อยละ 95.19 รองลงมาเป็นโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ร้อยละ 91.54 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ที่ร้อยละ 89.46 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่ร้อยละ 84.98 โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวแบบที่ร้อยละ 83.64 และ โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่ร้อยละ 49.43 ตามลำดับ โดยโมเดลที่ใช้เวลาเฉลี่ยในการฝึกฝนมากที่สุดคือโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ขนาด

10 ใช้เวลาถึง 9307 วินาที เพราะต้องจำลองโมเดลถึง 10 โมเดล จากการใช้ K-Fold Cross Validation เข้ามาช่วยทั้งเรื่องฝึกสอนและทำนายผลจึงทำให้ใช้เวลาฝึกสอนและใช้เวลาทำนายนานมากที่สุด รองลงมาคือโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ใช้เวลา 789.93 วินาที โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ใช้เวลา 697.82 วินาที โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันใช้เวลา 594.72 วินาที โครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นยาวใช้เวลา 496.25 วินาที และ โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นใช้เวลา 10.51 วินาที ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 มีความสามารถในการทำนายข้อมูลใหม่ที่ยืดหยุ่นมากกว่าโมเดลทั้งหมด และถ้าใช้ K-Fold Cross Validation เข้ามาช่วยจะทำให้เข้าถึงชุดการฝึกสอนข้อมูลครอบคลุมทุกประเภทเสียงและยังสามารถช่วยกันทำนายเสียงในแต่ละชุดทำนายที่ได้จากกระบวนการนี้ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของโมเดลอย่างมาก

ดังนั้นจากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 มีความสามารถทำนายเสียงพูดสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าปิดและเปิด 7 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ แอร์ คอมพิวเตอร์ ทีวี ประตู พัดลม และ ม่าน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้มีขั้นตอนการตัดเสียงเงียบหน้าและหลังไฟล์เสียง และมีขั้นตอนการลดเสียงรบกวนก่อนนำข้อมูลเสียงมาใช้ฝึกสอน ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการทำให้โมเดลสามารถคงทนต่อข้อมูลเสียงที่มีเสียงรบกวนโดยไม่ต้องตัดแปลงไฟล์เสียงจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาเพิ่มเติม รวมถึงการนำโมเดลมาผสมผสานกันระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันกับโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวนั้นสามารถทำได้ และเป็นการทดลองเพิ่มเติมที่ควรนำมาทดลองเพิ่มเติมในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] Deng and D. Yu. 2013. “Deep Learning: Methods and Applications” Foundations and Trends in Signal Processing Vol. 7, Nos. 3–4 (2013) 197–387
- [2] Yong Yu, Xiaosheng Si, Changhua Hu, and Jianxun Zhang. 2019. “A Review of Recurrent Neural Networks: LSTM Cells and Network Architectures” Neural Computation 31, 1235–1270 Massachusetts Institute of Technology
- [3] Yarın Gal and Zoubin Ghahramani. 2016. “A Theoretically Grounded Application of Dropout in Recurrent Neural Networks” arXiv:1512.05287v5 [stat.ML]
- [4] Kishore Prahallad, “Speech Technology: A Practical” International Institute of Information Technology Hyderabad
- [5] Du, X., Zhang, H., Nguyen, H. V., & Han, Z. (2017). “Stacked LSTM deep learning model for traffic prediction in vehicle-to-vehicle communication” In Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference. Piscataway, NJ: IEEE
- [6] SoundStage. 2560. **เสียงคืออะไร** [Online]. Available: <http://www.soundstagemag.com/main/index.php/magazine-articles/pa-sound-light-on-stage/966-2017-04-24-07-25-18>
- [7] Phuri Chalermkiatsakul. 2561. **Supervised Learning คืออะไร? ทำงานยังไง?** [Online]. Available: <https://medium.com/@every.phu/supervised-learning-คืออะไร-ทำงาน-ยังไง-1c0e411a40a2>
- [8] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2563. **เสียง**. [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/เสียง>
- [9] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2560. **การเรียนรู้เชิงลึก**. [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/การเรียนรู้เชิงลึก>
- [10] Wikipedia. 2020. **Convolution**. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Convolution>
- [11] Wikipedia. 2020. **Recurrent neural network**. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Recurrent_neural_network
- [12] Wikipedia. 2020. **Long short-term memory**. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Long_short-term_memory
- [13] Wikipedia. 2019. **Mel-frequency cepstrum**. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Mel-frequency_cepstrum

- [14] Wikipedia. 2020. **Dropout (neural networks)**. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dropout_\(neural_networks\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dropout_(neural_networks))
- [15] Wikipedia. 2020. **Overfitting**. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Overfitting>
- [16] Wikipedia. 2020. **Cross-validation (statistics)**. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cross-validation_\(statistics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cross-validation_(statistics))
- [17] Sanparith Marukatat. 2560. **สนุกกับ Neural Network**. [Online]. Available: <https://medium.com/@sanparithmarukatat/สนุกกับ-neural-network-657fa293c4d1>
- [18] Sanparith Marukatat. 2560. **LSTM เเท่าที่เข้าใจ**. [Online]. Available: <https://medium.com/@sanparithmarukatat/lstm-เท่าที่เข้าใจ-75027db3167f>
- [19] Sirinart Tangruamsub. 2560. **Long Short-Term Memory (LSTM)**. [Online]. Available: <https://medium.com/@sinart.t/lstm-เท่าที่เข้าใจ-75027db3167f>
- [20] Doratong24. 2560. **[ML] LSTMs แบบ (เกือบ) ละเอียดยิบ ๆ**. [Online]. Available: <https://medium.com/@tongkornkitt/ml-lstms-แบบ-เกือบ-ละเอียดยิบ-ๆ-a3a55cd37883>

ภาคผนวก ก
งานวิจัยที่ตีพิมพ์

Proceedings of 2020 7th International Conference
on Industrial Engineering and Applications (ICIEA 2020)



ICIEA 2020

PROCEEDINGS OF
2020 7th International Conference on
Industrial Engineering and Applications

Bangkok, Thailand | April 16-21, 2020

ISBN: 978-1-7281-6785-5
IEEE Catalog Number: CFP20L08-USB

ISBN: 978-1-7281-6785-5
IEEE Catalog Number: CFP20L08-USB

Thai Voice Recognition for Controlling Electrical appliances Using Long Short-Term Memory

Wuttichai Saheaw

Department of Computer Science, Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520, Thailand
e-mail: Wuttichai.saheaw@hotmail.com

Saichon Jaiyen

Department of Computer Science, Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520, Thailand
e-mail: Saichon.ja@kmitl.ac.th

Anantaporn Hanskunatai

Department of Computer Science, Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520, Thailand
e-mail: Anantaporn.ha@kmitl.ac.th

Abstract—Human speech possesses characteristics in each of the word that can be recognized and learned by computers. In this research, It is being proposed the use of the Deep Learning Model to predict speech turn-on and turn-off various electrical appliances, by using the sound conversion method that has been through the process to get the value of sound waves and applied toward training process in different ways. As the sound has more than 1 syllable and having characteristics of similar words that might difficult to predict. This research is based on Convolutional Neural Network (CNN) for comparison with the use of Long Short-Term Memory (LSTM), which is part of the Recurrent Neural Network (RNN) and Thai language Speech Dataset turn-on and turn-off by the 7 types of electrical appliances, the process of reducing noise and silence of the front and back of the audio files by 14 classes in total. The experimental results signify that the proposed Long Short-Term Memory can achieve the best accuracy.

Keywords-component; deep learning; voice recognition; long short-term memory

I. INTRODUCTION

Speech recognition with Machine Learning is widely used. The method is to make the computer understand the form or nature of the sound and can decide the meaning of the sound. The sound that human speaks can be detected and converted into sound wave signals. However, many components must be implemented, such as the steps to determine the Simple Rate before teaching, it is important from the research [1] to determine the frequency resolution, which is in the form of wavelet. Though it also has the characteristic of sound Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) [2] that can be used to identify the characteristics of sound. The received data into parts with the power and frequency of the sound into a vector of numbers by converting audio signals into images by extracting the characteristics of the sound to the segment. Afterward, data will be arranged in time data which can be generated as an audio waveform or created as Matrix data so that the data

can be sent into the learning process in each Deep Learning Model. In the teaching process, noise must be eliminated first or muted. [3] Since noise is an important variable that can cause significant problems in voice recognition. [4] Machine Learning, being able to learn to remember images well Convolutional Neural Network (CNN) [5] was used in speech recognition. An experiment has been performed and provides 89.7% accuracy by predicting 1 - 2 syllables with different meanings by learning from images of sound waves in the research [3] and in the research. [6] with various sounds regarding the environment, the accuracy is 77% which shows the efficiency of Convolutional Neural Networks in Speech Recognition. In addition to CNN, the Recurrent Neural Network (RNN) [7] has been used for speech recognition, It uses the previous state outputs for learning which is a loop state training. However, the Recurrent Neural Network still has Vanishing gradient problem from the research [8]. Long Short-Term Memory (LSTM) has been adopted as part of the Recurrent Neural Network [9] to solve the problem of Vanishing gradient problem. The tutorial uses Matrix data for iterative learning and has Memory when used to remember the value of each state output that is included. Further, there is a Gate that helps in deciding to remember the value or clear the value or pass the value further. Both learning methods require a dropout to be used to solve the overfitting problem [10]. However, in this article Convolutional Neural Network uses general dropout, but for LSTM Models from the article [11], Bayesian modeling is used to calculate dropout, which gives better results.

This research has proposed the process of Convolutional Neural Network and Long Short-Term Memory to test and compare the accuracy of predict speech turn on and turn off various electrical appliances.

II. METHODOLOGY

A. Data Preparation and Preprocessing

In this research, the data from the speech produced by the collection of speech is used, including 40 people from males

and females (Thai language), turn on and turn off electrical appliances such as light bulbs, air conditioners, computers, TVs, doors, fans, curtains, in total 2,105 voices, the length of each sound is not the same and noise exist in the environment. The voice has a Simple Rate of 44.1 kHz through the process of silencing the front and back of the audio file, and noise cancellation, which uses Library FFmpeg and Sox to produce audio files with less noise [3] but still has an unequal speech length, as the spoken words have different syllables. While the characteristics of each speech MFCCs features 20 to make a Spectrogram image with a size of 250x185, with color images and Spectrogram frequency data for training in CNN and LSTM respectively is used. The Training Set 80%, while 20% for Test Set has been used. Dataset used is as shown in Table I.

TABLE I. DATASET

Label	IPA Thai Phonemic	Syllable	instance
Turn off lights	p t + fəj	2	194
Turn on lights	pʰ:t + fəj	2	202
Turn off air conditioner	p t + ʔe:	2	193
Turn on air conditioner	pʰ:t + ʔe:	2	189
Turn off computer	p t + kʰɔ:m	2	133
Turn on computer	pʰ:t + kʰɔ:m	2	135
Turn off Television	p t + tʰi: + wi:	3	124
Turn on Television	pʰ:t + tʰi: + wi:	3	128
Turn off door	p t + p ʔ + tu:	3	130
Turn on door	pʰ:t + p ʔ + tu:	3	123
Turn off fan	p t + pʰ t + lom	3	159
Turn on fan	pʰ:t + pʰ t + lom	3	149
Turn off curtain	p t + m :n	2	119
Turn on curtain	pʰ:t + m :n	2	127
TOTAL			2,105

B. Proposed Method

This research uses RNN, which works in a loop on the Hidden Layer of the Neural Network using the prior state data to calculate with the current state for sending data in the next state. The model will able to understand current data from learning prior data as shown in Figure 1.

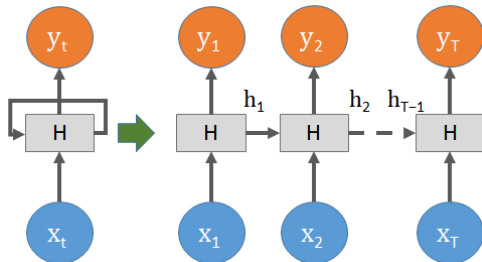


Figure 1. The process of Recurrent Neural Network (RNN)

Figure 1 shows the process of RNN x_t is the input data at that time and h_t value from hidden state at that time and y_t is output. When spreading loops, it can be seen that there are multiple hidden states work jointly in sequence. h_t calculated shown in (1)

$$h_t = f_h(U_h h_{t-1} + W_h x_t + b_h) \quad (1)$$

The Activation Function f_h of the hidden layer, U_h is the weight at previous hidden state, W_h is the weight matrix of the current hidden state. And y_t calculated shown in (2)

$$y_t = f_y(W_y h_t + b_y) \quad (2)$$

However, RNN still has a problem with Gradient vanishing problem. This research using the Long Short-Term Memory (LSTM) to solve the Gradient vanishing problem, using vector format from Spectrogram with MFCCs Features 20 and send the data to training in LSTM as shown in Figure 2.

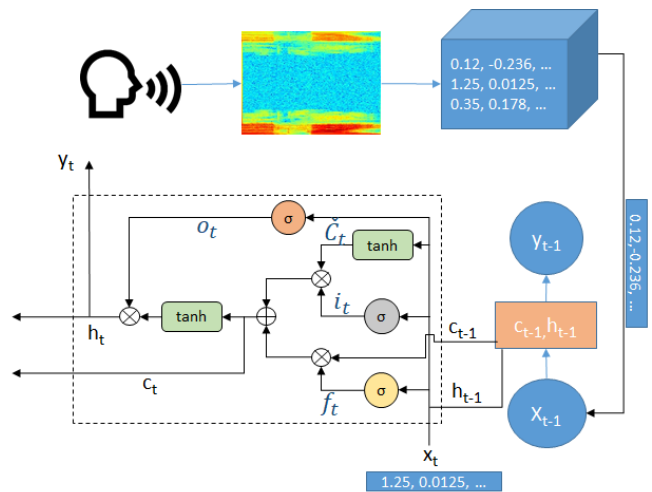


Figure 2. The training process of long short-term memory.

Figure 2 shows the steps used. It starts by receiving speech which is converted into a sound wave and stored in a Matrix format. After that, the data is transmitted one by one per row for training and there is Memory to record the state from previous sound waves. By Forget Gate (f_t) deciding whether to remember previous information or not, using the sigmoid function as the decider as shown in (3).

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (3)$$

The Input Gate is to allow the value to be updated using the sigmoid function similar to Forget Gate as in (4)

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (4)$$

And use the Input Modulation Gate, which uses the \tanh function instead to update the values as shown in (5).

$$\check{c}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (5)$$

The next step, after getting the forget gate and input gate values, updating the cell state as in (6).

$$c_t = f_t \cdot c_{t-1} + i_t \cdot \check{c}_t \quad (6)$$

Output Gate will send the value from the sigmoid function and this value will be used in the next state in the pointwise calculation to find the forwarded value (h_t) as in (7).

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (7)$$

Finally, the updated value will be passed through the \tanh function and pointwise calculation with the value from the output gate (o_t) to get the value to be sent to the next state (h_t) and the resulting value of that state (y_t) as in (8)

$$h_t = o_t \cdot \tanh(c_t) \quad (8)$$

In the training process, K-Fold has been adopted by it is divided into 10 Datasets has Training Set 90%, and Test Set 10% has been used in each round. After that, each round will record the Model. Finally, each model has been used to predict the value and calculate the average value of the Predict Set as shown in Figure 3.

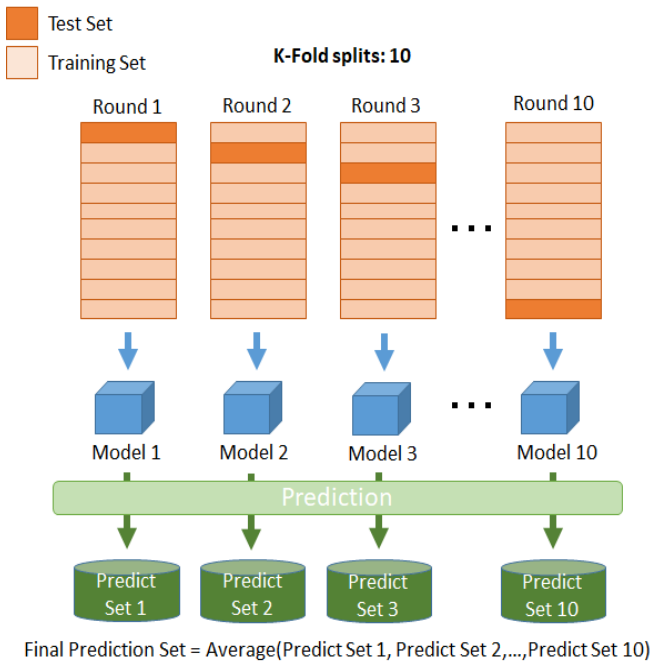


Figure 3. Step training by K-fold cross validation.

However, in this research, an experiment has been made to adjust the cell size of LSTM and the number of stacks in LSTM which has the structure as in Figure 4.

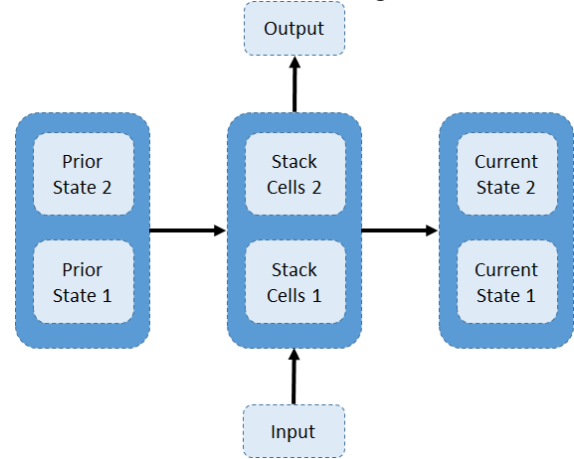


Figure 4. RNN multiple stacks cell.

The size of cells tested, are 128, 192, and 256 for 1 stack and 2 stacks cell using size 128x128, 192x192, 256x256, 320x320, 384x384, and 512x512 respectively to measure the effectiveness in predicting the results.

C. Performance Evaluation

In this research, the results are calculated from the use of Test data 20%. Then the result as a percentage that is predicted correctly is calculated from a total of 14 Labels, each type of electrical appliances in both CNN and LSTM.

III. EXPERIMENTAL RESULT

In the experiment, the results of machine learning from Long Short-Term Memory provides the highest accuracy of 97.84%, which is more accurate than the Convolutional Neural Network highest at 91.14%, as shown in Table II. And In Figure 5-6, propose each Confusion Matrix.

Figure 6 proposes that LSTM predictions provide better results than CNN. However, similar sounds in the first syllable or second syllable may cause incorrect predictions due to similar audio formats.

TABLE II. COMPARISON TABLE OF PERFORMANCE PREDICTION OF CNN AND LSTM

Model	Mean	Max	Min
CNN	91.06	91.14	89.17
LSTM 128	94.25	94.73	93.54
LSTM 192	95.59	96.17	95.21
LSTM 256	95.83	96.65	95.45
LSTM 128x128	96.45	97.12	95.69
LSTM 192x192	97.41	97.60	97.12
LSTM 256x256	97.55	97.60	97.36
LSTM 320x320	97.79	97.84	97.60
LSTM 384x384	97.17	97.60	96.17
LSTM 512x512	95.02	96.17	94.01

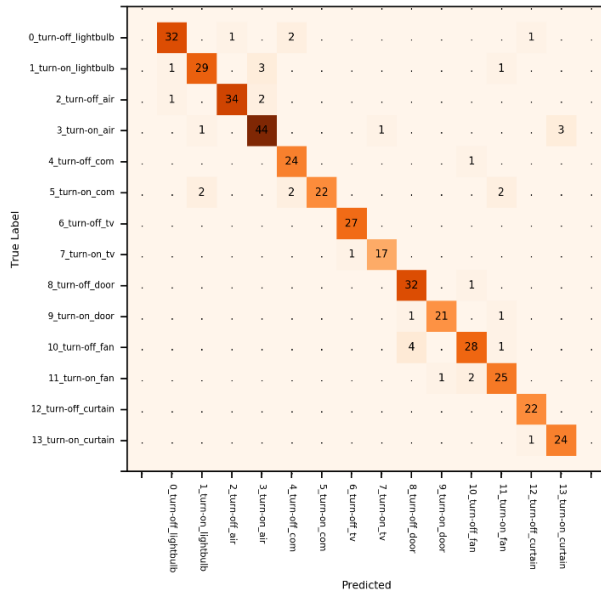


Figure 5. The confusion matrix of Convolutional Neural Network accuracy 91.14%.

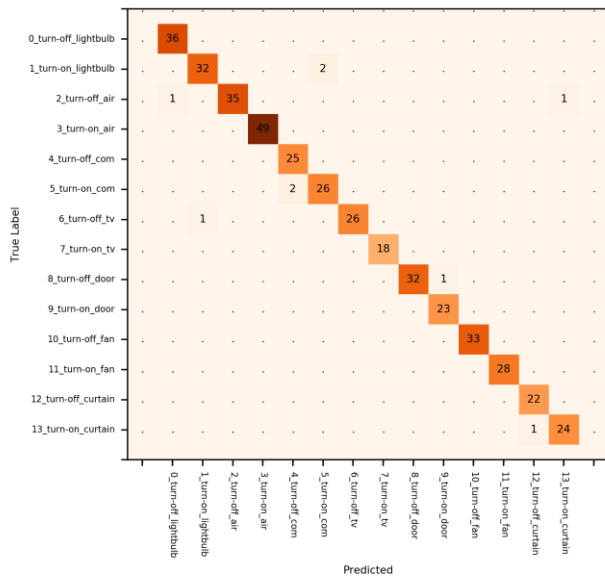


Figure 6. The confusion matrix of Long Short-Term Memory cell size 320x320 accuracy 97.84%

IV. CONCLUSION

In this paper, although the results of LSTM are quite high because the dataset of the sound has been reduced the noise. And will see that the appropriate cell size increases the prediction results, but when too much increase, the prediction efficiency decreases. And the model can mix between CNN and RNN (CRNN) as an additional experimental approach. However, LSTM can be used to classify the voice turn on and turn off electrical appliances.

REFERENCES

- [1] Bhushan C. Kamble, "Speech Recognition Using Artificial Neural Network – A Review", Int'l Journal of Computing, Communications & Instrumentation Engg. (IJCCIE) Vol. 1, Issue 1 (2016)
- [2] Atik Charisma, M. Reza Hidayat, Yuda Bakti Zainal, "Speaker Recognition Using Mel-Frequency Cepstrum Coefficients and Sum Square Error", The 3rd International Conference on Wireless and Telematics 2017.
- [3] Pete Warden, Google Brain, Mountain View, "Speech Commands: A Dataset for Limited-Vocabulary Speech Recognition", arXiv:1804.03209v1 [cs.CL] April 2018.
- [4] Md Mahadi Hasan Nahid, Bishwajit Purkaystha, Md Saiful Islam, "Bengali Speech Recognition: A Double Layered LSTM-RNN Approach", 2017 20th International Conference of Computer and Information Technology (ICIT), 22-24 December, 2017.
- [5] Saad ALBAWI, Tareq Abed MOHAMMED, Saad AL-ZAWI, "Understanding of a Convolutional Neural Network", ICET2017, Antalya, Turkey
- [6] Aditya Khamparia, Deepak Gupta, Nhu Gia Nguyen, Ashish Khanna, Babita Pandey, Prayag Tiwari, "Sound Classification Using Convolutional Neural Network and Tensor Deep Stacking Network", 10.1109/ACCESS.2018.2888882, January 8, 2019.
- [7] Alex Sherstinsky, "Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) Network", arXiv:1808.03314v4 [cs.LG] 4 Nov 2018.
- [8] Stefano Squartini, Amir Hussain, Francesco Piazza, "PREPROCESSING BASED SOLUTION FOR THE VANISHING GRADIENT PROBLEM IN RECURRENT NEURAL NETWORKS", 2003 IEEE.
- [9] Sepp Hochreiter, Jürgen Schmidhuber, "LONG SHORT-TERM MEMORY", Neural Computation 9(8):1735-1780, 1997.
- [10] Imanol Bilbao, Javier Bilbao, "Overfitting problem and the over-training in the era of data", The 8th IEEE International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS 2017)
- [11] Yarin Gal, Zoubin Ghahramani, "A Theoretically Grounded Application of Dropout in Recurrent Neural Networks", arXiv:1512.05287v5 [stat.ML] 5 Oct 2016.

ภาคผนวก ข
ผลการทดลองเพิ่มเติม

ตารางที่ ข.1 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลาย
ชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ถูกมีอยู่ใน
ชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.78	0.69	0.78	0.93	0.85	0.79	0.92
	Recall	0.81	0.71	0.95	0.82	0.92	0.82	0.89
	F1-Score	0.79	0.70	0.85	0.87	0.88	0.81	0.91
2	Precision	0.84	0.83	0.73	0.96	0.70	0.69	0.87
	Recall	0.75	0.71	0.95	0.88	0.84	0.79	0.96
	F1-Score	0.79	0.76	0.82	0.91	0.76	0.73	0.91
3	Precision	0.91	0.86	0.72	0.91	0.73	0.88	0.96
	Recall	0.81	0.74	0.89	0.82	0.88	0.82	0.93
	F1-Score	0.85	0.79	0.80	0.86	0.80	0.85	0.94
4	Precision	0.87	0.77	0.72	0.92	0.77	0.79	0.90
	Recall	0.72	0.71	0.89	0.92	0.92	0.79	0.96
	F1-Score	0.79	0.74	0.80	0.92	0.84	0.79	0.93
5	Precision	0.81	0.68	0.73	0.96	0.88	0.81	1.00
	Recall	0.83	0.74	0.89	0.88	0.84	0.79	0.85
	F1-Score	0.82	0.70	0.80	0.91	0.86	0.80	0.92
มาก สุด	Precision	0.91	0.86	0.78	0.96	0.88	0.88	1.00
	Recall	0.83	0.74	0.95	0.92	0.92	0.82	0.96
	F1-Score	0.85	0.79	0.85	0.92	0.88	0.85	0.94
น้อย สุด	Precision	0.78	0.68	0.72	0.91	0.70	0.69	0.87
	Recall	0.72	0.71	0.89	0.82	0.84	0.79	0.85
	F1-Score	0.79	0.70	0.80	0.86	0.76	0.73	0.91
เฉลี่ย	Precision	0.84	0.77	0.74	0.94	0.79	0.79	0.93
	Recall	0.78	0.72	0.91	0.86	0.88	0.80	0.92
	F1-Score	0.81	0.74	0.81	0.89	0.83	0.80	0.92
S.D.	Precision	0.05	0.08	0.03	0.02	0.08	0.07	0.05
	Recall	0.05	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.05
	F1-Score	0.03	0.04	0.02	0.03	0.05	0.04	0.01

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบ
หลายชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนที่ถูก
มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสี่ยงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.85	0.93	0.88	0.85	0.83	0.90	0.90
	Recall	0.94	0.82	0.91	0.85	0.86	0.82	0.76
	F1-Score	0.89	0.87	0.89	0.85	0.84	0.86	0.83
2	Precision	0.81	0.96	0.81	0.88	0.80	0.94	0.86
	Recall	0.94	0.82	0.74	0.88	0.86	0.73	0.76
	F1-Score	0.87	0.89	0.77	0.88	0.83	0.82	0.81
3	Precision	0.86	0.92	0.79	0.78	0.80	0.89	0.79
	Recall	1.00	0.73	0.96	0.88	0.86	0.77	0.76
	F1-Score	0.92	0.81	0.86	0.83	0.83	0.83	0.78
4	Precision	0.84	0.96	0.88	0.87	0.86	0.76	0.95
	Recall	0.89	0.79	0.96	0.82	0.86	0.86	0.76
	F1-Score	0.86	0.87	0.92	0.84	0.86	0.81	0.84
5	Precision	0.85	0.92	0.78	0.78	0.92	0.76	0.86
	Recall	0.94	0.67	0.91	0.85	0.86	0.86	0.76
	F1-Score	0.89	0.77	0.84	0.81	0.89	0.81	0.81
มาก สุด	Precision	0.86	0.96	0.88	0.88	0.92	0.94	0.95
	Recall	1.00	0.82	0.96	0.88	0.86	0.86	0.76
	F1-Score	0.92	0.89	0.92	0.88	0.89	0.86	0.84
น้อย สุด	Precision	0.81	0.92	0.78	0.78	0.80	0.76	0.79
	Recall	0.89	0.67	0.74	0.82	0.86	0.73	0.76
	F1-Score	0.86	0.77	0.77	0.81	0.83	0.81	0.78
เฉลี่ย	Precision	0.84	0.94	0.83	0.83	0.84	0.85	0.87
	Recall	0.94	0.77	0.90	0.86	0.86	0.81	0.76
	F1-Score	0.89	0.84	0.86	0.84	0.85	0.83	0.81
S.D.	Precision	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05	0.08	0.06
	Recall	0.04	0.07	0.09	0.03	0.00	0.06	0.00
	F1-Score	0.02	0.05	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.1 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์และปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.2 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.84	0.85	0.75	0.90	0.72	0.88	0.93
	Recall	0.75	0.68	0.97	0.94	0.92	0.79	0.93
	F1-Score	0.79	0.75	0.85	0.92	0.81	0.83	0.93
2	Precision	0.79	0.81	0.76	0.93	0.81	0.82	0.92
	Recall	0.83	0.76	0.95	0.88	0.84	0.82	0.89
	F1-Score	0.81	0.79	0.84	0.91	0.82	0.82	0.91
3	Precision	0.84	0.84	0.78	0.94	0.72	0.76	0.90
	Recall	0.75	0.76	0.95	0.90	0.92	0.79	0.96
	F1-Score	0.79	0.80	0.85	0.92	0.81	0.77	0.93
4	Precision	0.77	0.69	0.81	0.98	0.75	0.80	0.96
	Recall	0.83	0.71	0.95	0.88	0.84	0.86	0.81
	F1-Score	0.80	0.70	0.88	0.92	0.79	0.83	0.88
5	Precision	0.86	0.81	0.69	0.87	0.83	0.85	0.96
	Recall	0.83	0.74	0.95	0.92	0.80	0.79	0.89
	F1-Score	0.85	0.77	0.80	0.89	0.82	0.81	0.92
มากที่สุด	Precision	0.86	0.85	0.81	0.98	0.83	0.88	0.96
	Recall	0.83	0.76	0.97	0.94	0.92	0.86	0.96

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.85	0.80	0.88	0.92	0.82	0.83	0.93
น้อย สุด	Precision	0.77	0.69	0.69	0.87	0.72	0.76	0.90
	Recall	0.75	0.68	0.95	0.88	0.80	0.79	0.81
	F1-Score	0.79	0.70	0.80	0.89	0.79	0.77	0.88
เฉลี่ย	Precision	0.82	0.80	0.76	0.92	0.77	0.82	0.93
	Recall	0.80	0.73	0.95	0.90	0.86	0.81	0.90
	F1-Score	0.81	0.76	0.84	0.91	0.81	0.81	0.91
S.D.	Precision	0.04	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03
	Recall	0.04	0.03	0.01	0.03	0.05	0.03	0.06
	F1-Score	0.02	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.89	0.93	0.79	0.93	0.92	1.00	0.81
	Recall	0.94	0.82	0.96	0.82	0.86	0.86	0.84
	F1-Score	0.92	0.87	0.86	0.87	0.89	0.93	0.82
2	Precision	0.84	0.96	0.79	0.91	0.88	1.00	0.80
	Recall	0.89	0.79	0.96	0.88	0.82	0.86	0.80
	F1-Score	0.86	0.87	0.86	0.89	0.85	0.93	0.80
3	Precision	0.84	0.93	0.86	0.87	0.77	0.90	0.83
	Recall	0.89	0.79	0.78	0.82	0.86	0.82	0.76
	F1-Score	0.86	0.85	0.82	0.84	0.81	0.86	0.79
4	Precision	0.77	0.92	0.80	0.80	0.92	0.94	0.83
	Recall	0.94	0.73	0.87	0.85	0.86	0.77	0.80
	F1-Score	0.85	0.81	0.83	0.82	0.89	0.85	0.82
5	Precision	0.81	0.89	0.80	0.82	0.92	0.91	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	Recall	0.94	0.76	0.87	0.82	0.82	0.91	0.80
	F1-Score	0.87	0.82	0.83	0.82	0.87	0.91	0.89
มากที่สุด	Precision	0.89	0.96	0.86	0.93	0.92	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.82	0.96	0.88	0.86	0.91	0.84
	F1-Score	0.92	0.87	0.86	0.89	0.89	0.93	0.89
น้อยที่สุด	Precision	0.77	0.89	0.79	0.80	0.77	0.90	0.80
	Recall	0.89	0.73	0.78	0.82	0.82	0.77	0.76
	F1-Score	0.85	0.81	0.82	0.82	0.81	0.85	0.79
เฉลี่ย	Precision	0.83	0.93	0.81	0.87	0.88	0.95	0.85
	Recall	0.92	0.78	0.89	0.84	0.84	0.84	0.80
	F1-Score	0.87	0.84	0.84	0.85	0.86	0.90	0.82
S.D.	Precision	0.04	0.03	0.03	0.06	0.06	0.05	0.08
	Recall	0.03	0.03	0.08	0.03	0.02	0.05	0.03
	F1-Score	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04

จากตารางที่ ข.2 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์และปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์และปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.3 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256x128 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.86	0.69	0.77	0.91	0.83	0.80	0.92

เครื่องพิมพ์	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	Recall	0.83	0.74	0.92	0.88	0.80	0.86	0.89
	F1-Score	0.85	0.71	0.84	0.90	0.82	0.83	0.91
	Precision	0.79	0.72	0.77	0.91	0.76	0.79	0.71
2	Recall	0.86	0.76	0.89	0.86	0.88	0.82	1.00
	F1-Score	0.83	0.74	0.82	0.88	0.81	0.81	0.83
	Precision	0.80	0.74	0.70	0.91	0.81	0.91	1.00
3	Recall	0.78	0.82	0.89	0.88	0.84	0.71	0.85
	F1-Score	0.79	0.78	0.79	0.90	0.82	0.80	0.92
	Precision	0.78	0.81	0.77	0.88	0.65	0.86	0.92
4	Recall	0.86	0.74	0.89	0.88	0.88	0.86	0.81
	F1-Score	0.82	0.77	0.82	0.88	0.75	0.86	0.86
	Precision	0.90	0.76	0.64	0.86	0.65	0.79	0.81
5	Recall	0.72	0.74	0.86	0.86	0.80	0.79	0.93
	F1-Score	0.80	0.75	0.74	0.86	0.71	0.79	0.86
	Precision	0.90	0.81	0.77	0.91	0.83	0.91	1.00
มาก สุด	Recall	0.86	0.82	0.92	0.88	0.88	0.86	1.00
	F1-Score	0.85	0.78	0.84	0.90	0.82	0.86	0.92
	Precision	0.78	0.69	0.64	0.86	0.65	0.79	0.71
น้อย สุด	Recall	0.72	0.74	0.86	0.86	0.80	0.71	0.81
	F1-Score	0.79	0.71	0.74	0.86	0.71	0.79	0.83
	Precision	0.83	0.74	0.73	0.89	0.74	0.83	0.87
เฉลี่ย	Recall	0.81	0.76	0.89	0.87	0.84	0.81	0.90
	F1-Score	0.82	0.75	0.80	0.88	0.78	0.82	0.88
	Precision	0.05	0.05	0.06	0.02	0.09	0.05	0.11
S.D.	Recall	0.06	0.03	0.02	0.01	0.04	0.06	0.07
	F1-Score	0.02	0.03	0.04	0.02	0.05	0.03	0.04
	Precision	0.05	0.05	0.06	0.02	0.09	0.05	0.11

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256x128 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคน ที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.84	0.93	0.88	0.85	0.93	0.83	0.86
	Recall	0.89	0.76	0.96	0.88	0.89	0.86	0.72
	F1-Score	0.86	0.83	0.92	0.87	0.91	0.84	0.78
2	Precision	0.00	0.89	0.79	0.78	0.72	0.86	0.91
	Recall	0.00	0.73	0.83	0.76	0.82	0.82	0.80
	F1-Score	0.00	0.80	0.81	0.77	0.77	0.84	0.85
3	Precision	0.77	0.96	0.84	0.83	0.79	0.75	0.94
	Recall	0.94	0.76	0.91	0.91	0.82	0.82	0.68
	F1-Score	0.85	0.85	0.87	0.87	0.81	0.78	0.79
4	Precision	0.74	0.00	0.65	0.65	0.84	0.74	0.88
	Recall	0.94	0.00	0.87	0.85	0.75	0.77	0.84
	F1-Score	0.83	0.00	0.74	0.74	0.79	0.76	0.86
5	Precision	0.00	0.93	0.83	0.86	0.66	0.71	0.75
	Recall	0.00	0.82	0.87	0.73	0.89	0.77	0.72
	F1-Score	0.00	0.87	0.85	0.79	0.76	0.74	0.73
มาก สุด	Precision	0.84	0.96	0.88	0.86	0.93	0.86	0.94
	Recall	0.94	0.82	0.96	0.91	0.89	0.86	0.84
	F1-Score	0.86	0.87	0.92	0.87	0.91	0.84	0.86
น้อย สุด	Precision	0.00	0.00	0.65	0.65	0.66	0.71	0.75
	Recall	0.00	0.00	0.83	0.73	0.75	0.77	0.68
	F1-Score	0.00	0.00	0.74	0.74	0.76	0.74	0.73
เฉลี่ย	Precision	0.47	0.74	0.80	0.79	0.79	0.78	0.87
	Recall	0.55	0.61	0.89	0.83	0.83	0.81	0.75
	F1-Score	0.51	0.67	0.84	0.81	0.81	0.79	0.80
S.D.	Precision	0.43	0.42	0.09	0.09	0.10	0.06	0.07
	Recall	0.51	0.34	0.05	0.08	0.06	0.04	0.07
	F1-Score	0.46	0.38	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05

จากตารางที่ ข.3 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256x128 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์และปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256x128 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์และปิดทีวีได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวีและปิดประตูที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.4 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.86	0.83	0.69	0.96	0.84	0.82	0.89
	Recall	0.83	0.71	0.89	0.90	0.84	0.82	0.89
	F1-Score	0.85	0.76	0.78	0.93	0.84	0.82	0.89
2	Precision	0.78	0.76	0.67	0.89	0.68	0.67	0.92
	Recall	0.81	0.65	0.92	0.80	0.84	0.86	0.89
	F1-Score	0.79	0.70	0.77	0.84	0.75	0.75	0.91
3	Precision	0.65	0.77	0.73	0.91	0.47	0.79	0.83
	Recall	0.83	0.71	0.89	0.84	0.84	0.82	0.93
	F1-Score	0.73	0.74	0.80	0.87	0.60	0.81	0.88
4	Precision	0.74	0.62	0.76	0.82	0.79	0.96	0.86
	Recall	0.81	0.71	0.92	0.92	0.76	0.79	0.89
	F1-Score	0.77	0.66	0.83	0.87	0.78	0.86	0.87
5	Precision	0.90	0.74	0.74	0.90	0.68	0.72	0.69
	Recall	0.78	0.76	0.95	0.88	0.92	0.82	0.89
	F1-Score	0.84	0.75	0.83	0.89	0.78	0.77	0.77
มากที่สุด	Precision	0.90	0.83	0.76	0.96	0.84	0.96	0.92
	Recall	0.83	0.76	0.95	0.92	0.92	0.86	0.93

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.85	0.76	0.83	0.93	0.84	0.86	0.91
น้อย สุด	Precision	0.65	0.62	0.67	0.82	0.47	0.67	0.69
	Recall	0.78	0.65	0.89	0.80	0.76	0.79	0.89
	F1-Score	0.73	0.66	0.77	0.84	0.60	0.75	0.77
เฉลี่ย	Precision	0.79	0.74	0.72	0.90	0.69	0.79	0.84
	Recall	0.81	0.71	0.91	0.87	0.84	0.82	0.90
	F1-Score	0.80	0.72	0.80	0.88	0.75	0.80	0.86
S.D.	Precision	0.10	0.08	0.04	0.05	0.14	0.11	0.09
	Recall	0.02	0.04	0.03	0.05	0.06	0.02	0.02
	F1-Score	0.05	0.04	0.03	0.03	0.09	0.04	0.05

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.77	0.79	0.87	0.83	0.81	0.82	0.95
	Recall	0.94	0.79	0.87	0.76	0.89	0.82	0.72
	F1-Score	0.85	0.79	0.87	0.79	0.85	0.82	0.82
2	Precision	0.74	0.00	0.61	0.62	0.79	0.86	0.86
	Recall	0.94	0.00	0.61	0.88	0.79	0.82	0.76
	F1-Score	0.83	0.00	0.61	0.73	0.79	0.84	0.81
3	Precision	0.77	0.00	0.78	0.55	0.82	0.00	0.78
	Recall	0.94	0.00	0.78	0.85	0.82	0.00	0.72
	F1-Score	0.85	0.00	0.78	0.67	0.82	0.00	0.75
4	Precision	0.00	0.92	0.77	0.78	0.83	0.60	0.82
	Recall	0.00	0.70	0.87	0.76	0.89	0.82	0.72
	F1-Score	0.00	0.79	0.82	0.77	0.86	0.69	0.77
5	Precision	0.00	0.93	0.91	0.84	0.85	0.76	0.82
	Recall	0.00	0.82	0.87	0.82	0.79	0.86	0.72

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.00	0.87	0.89	0.83	0.81	0.81	0.77
มากที่สุด	Precision	0.77	0.93	0.91	0.84	0.85	0.86	0.95
	Recall	0.94	0.82	0.87	0.88	0.89	0.86	0.76
	F1-Score	0.85	0.87	0.89	0.83	0.86	0.84	0.82
น้อยที่สุด	Precision	0.00	0.00	0.61	0.55	0.79	0.00	0.78
	Recall	0.00	0.00	0.61	0.76	0.79	0.00	0.72
	F1-Score	0.00	0.00	0.61	0.67	0.79	0.00	0.75
เฉลี่ย	Precision	0.46	0.53	0.79	0.72	0.82	0.61	0.85
	Recall	0.56	0.46	0.80	0.81	0.84	0.66	0.73
	F1-Score	0.51	0.49	0.79	0.76	0.83	0.63	0.78
S.D.	Precision	0.42	0.49	0.12	0.13	0.02	0.35	0.06
	Recall	0.51	0.42	0.11	0.05	0.05	0.37	0.02
	F1-Score	0.46	0.45	0.11	0.06	0.03	0.36	0.03

จากตารางที่ ข.4 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดประตูมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดประตูมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์ได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟ เปิดทีวี ปิดประตูและปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.5 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.79	0.56	0.76	0.93	0.71	0.61	0.95

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	Recall	0.75	0.74	0.84	0.80	0.68	0.79	0.70
	F1-Score	0.77	0.63	0.79	0.86	0.69	0.69	0.81
	Precision	0.74	0.67	0.73	0.84	0.46	0.87	0.80
2	Recall	0.78	0.76	0.81	0.78	0.92	0.71	0.89
	F1-Score	0.76	0.71	0.77	0.81	0.61	0.78	0.84
	Precision	0.91	0.71	0.62	0.91	0.52	0.95	0.95
3	Recall	0.81	0.71	0.95	0.82	0.88	0.75	0.74
	F1-Score	0.85	0.71	0.75	0.86	0.66	0.84	0.83
	Precision	0.82	0.84	0.73	0.88	0.44	0.81	0.69
4	Recall	0.78	0.62	0.86	0.86	0.92	0.75	0.93
	F1-Score	0.80	0.71	0.79	0.87	0.60	0.78	0.79
	Precision	0.76	0.50	0.82	0.84	0.68	0.79	0.68
5	Recall	0.78	0.71	0.76	0.86	0.84	0.79	0.93
	F1-Score	0.77	0.59	0.79	0.85	0.75	0.79	0.78
	Precision	0.91	0.84	0.82	0.93	0.71	0.95	0.95
มาก สุด	Recall	0.81	0.76	0.95	0.86	0.92	0.79	0.93
	F1-Score	0.85	0.71	0.79	0.87	0.75	0.84	0.84
	Precision	0.74	0.50	0.62	0.84	0.44	0.61	0.68
น้อย สุด	Recall	0.75	0.62	0.76	0.78	0.68	0.71	0.70
	F1-Score	0.76	0.59	0.75	0.81	0.60	0.69	0.78
	Precision	0.80	0.66	0.73	0.88	0.56	0.81	0.81
เฉลี่ย	Recall	0.78	0.71	0.84	0.82	0.85	0.76	0.84
	F1-Score	0.79	0.67	0.78	0.85	0.66	0.78	0.81
	Precision	0.07	0.13	0.07	0.04	0.13	0.13	0.13
S.D.	Recall	0.02	0.05	0.07	0.04	0.10	0.03	0.11
	F1-Score	0.04	0.06	0.02	0.02	0.06	0.05	0.03

ตารางที่ ข.5 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.00	0.68	0.00	0.84	0.61	0.62	0.54
	Recall	0.00	0.76	0.00	0.79	0.89	0.91	0.76
	F1-Score	0.00	0.71	0.00	0.81	0.72	0.74	0.63
2	Precision	0.00	0.83	0.80	0.83	0.56	0.00	0.59
	Recall	0.00	0.76	0.70	0.73	0.82	0.00	0.76
	F1-Score	0.00	0.79	0.74	0.77	0.67	0.00	0.67
3	Precision	0.60	0.90	0.79	0.79	0.89	0.00	0.77
	Recall	1.00	0.79	0.83	0.82	0.89	0.00	0.68
	F1-Score	0.75	0.84	0.81	0.81	0.89	0.00	0.72
4	Precision	0.69	0.92	0.88	0.88	0.96	0.00	0.81
	Recall	1.00	0.70	0.91	0.85	0.86	0.00	0.68
	F1-Score	0.82	0.79	0.89	0.86	0.91	0.00	0.74
5	Precision	0.00	0.93	0.79	0.86	0.83	0.72	0.82
	Recall	0.00	0.82	0.83	0.76	0.86	0.82	0.56
	F1-Score	0.00	0.87	0.81	0.81	0.84	0.77	0.67
มากที่สุด	Precision	0.69	0.93	0.88	0.88	0.96	0.72	0.82
	Recall	1.00	0.82	0.91	0.85	0.89	0.91	0.76
	F1-Score	0.82	0.87	0.89	0.86	0.91	0.77	0.74
น้อยที่สุด	Precision	0.00	0.68	0.00	0.79	0.56	0.00	0.54
	Recall	0.00	0.70	0.00	0.73	0.82	0.00	0.56
	F1-Score	0.00	0.71	0.00	0.77	0.67	0.00	0.63
เฉลี่ย	Precision	0.26	0.85	0.65	0.84	0.77	0.27	0.71
	Recall	0.40	0.77	0.65	0.79	0.86	0.35	0.69
	F1-Score	0.31	0.80	0.65	0.81	0.81	0.30	0.69
S.D.	Precision	0.35	0.10	0.37	0.03	0.18	0.37	0.13
	Recall	0.55	0.04	0.37	0.05	0.03	0.47	0.08
	F1-Score	0.43	0.06	0.37	0.03	0.11	0.41	0.04

จากตารางที่ ข.5 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละ

ไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์มีค่า Percision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์ได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟ ปิดคอม เปิดทีวี เปิดประตู ปิดม่านและเปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.6 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.65	0.51	0.82	0.87	0.83	0.67	0.71
	Recall	0.89	0.71	0.76	0.80	0.80	0.86	0.81
	F1-Score	0.75	0.59	0.79	0.83	0.82	0.75	0.76
2	Precision	0.94	0.67	0.80	0.95	0.81	0.77	0.81
	Recall	0.81	0.65	0.95	0.82	0.88	0.86	0.96
	F1-Score	0.87	0.66	0.86	0.88	0.85	0.81	0.88
3	Precision	0.65	0.92	0.71	0.93	0.69	0.88	0.95
	Recall	0.86	0.68	0.92	0.80	0.72	0.79	0.74
	F1-Score	0.74	0.78	0.80	0.86	0.71	0.83	0.83
4	Precision	0.68	0.83	0.79	0.84	0.78	0.83	0.85
	Recall	0.89	0.71	0.84	0.86	0.84	0.86	0.85
	F1-Score	0.77	0.76	0.82	0.85	0.81	0.84	0.85
5	Precision	0.90	0.79	0.86	0.75	0.84	0.89	0.86
	Recall	0.78	0.68	0.68	0.94	0.84	0.86	0.89
	F1-Score	0.84	0.73	0.76	0.84	0.84	0.87	0.87
มากที่สุด	Precision	0.94	0.92	0.86	0.95	0.84	0.89	0.95
	Recall	0.89	0.71	0.95	0.94	0.88	0.86	0.96
	F1-Score	0.87	0.78	0.86	0.88	0.85	0.87	0.88
	Precision	0.65	0.51	0.71	0.75	0.69	0.67	0.71

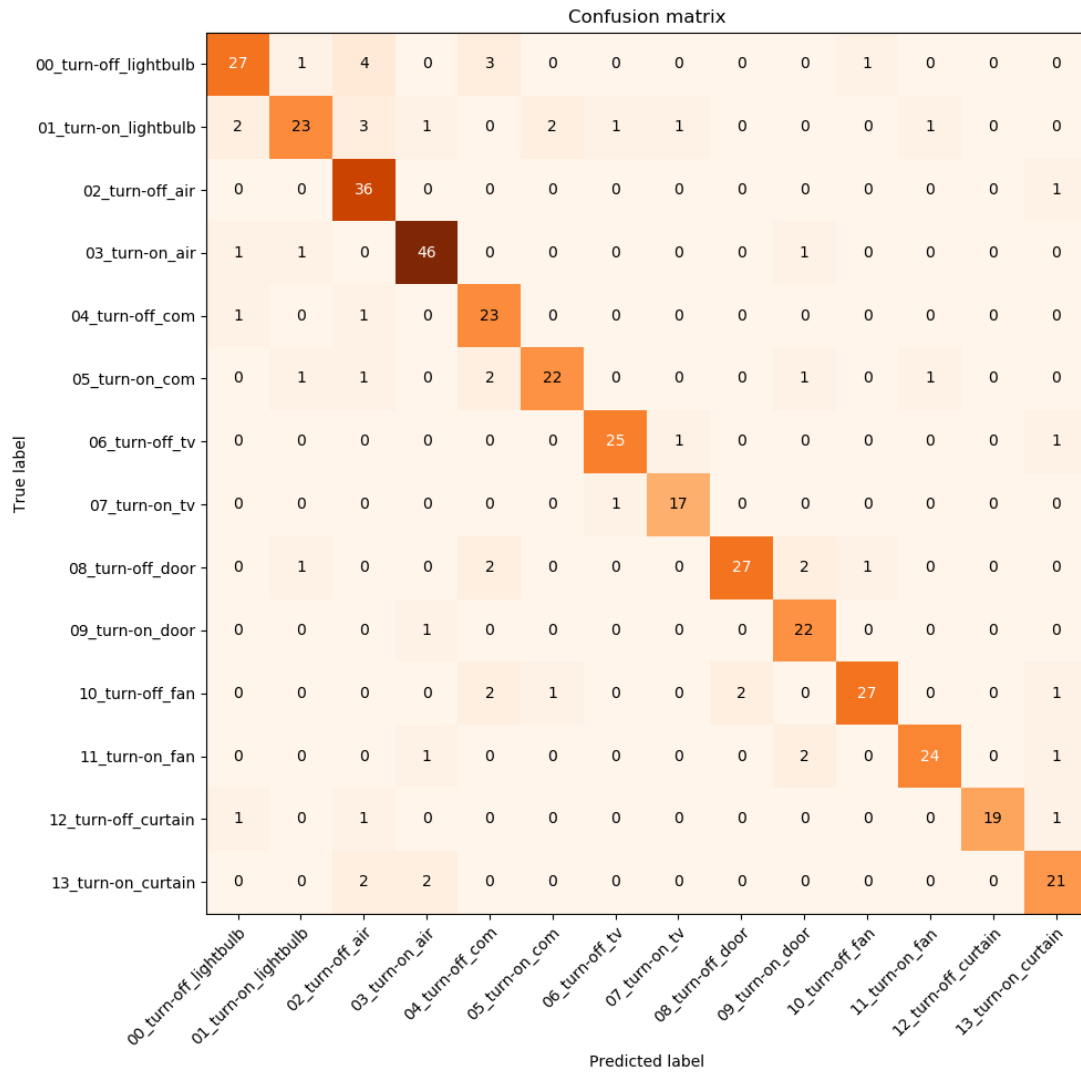
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย	Recall	0.78	0.65	0.68	0.80	0.72	0.79	0.74
	F1-Score	0.74	0.59	0.76	0.83	0.71	0.75	0.76
เฉลี่ย	Precision	0.76	0.74	0.80	0.87	0.79	0.81	0.84
	Recall	0.85	0.69	0.83	0.84	0.82	0.85	0.85
	F1-Score	0.79	0.70	0.81	0.85	0.81	0.82	0.84
S.D.	Precision	0.14	0.16	0.06	0.08	0.06	0.09	0.09
	Recall	0.05	0.03	0.11	0.06	0.06	0.03	0.08
	F1-Score	0.06	0.08	0.04	0.02	0.06	0.04	0.05

ตารางที่ ข.6 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ้อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

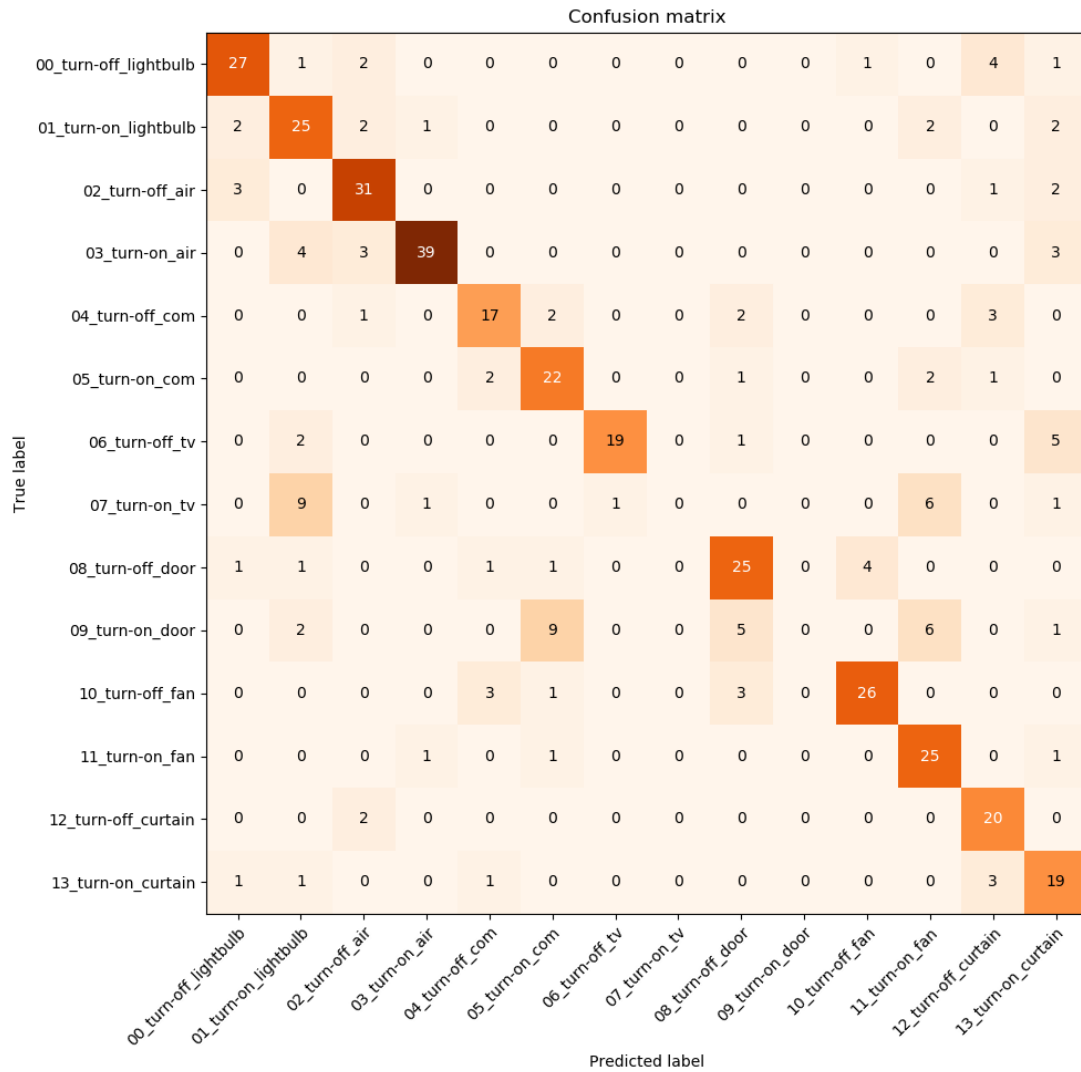
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.00	0.68	0.00	0.77	0.71	0.73	0.76
	Recall	0.00	0.76	0.00	0.70	0.86	0.86	0.76
	F1-Score	0.00	0.71	0.00	0.73	0.77	0.79	0.76
2	Precision	0.00	0.86	0.65	0.78	0.85	0.69	0.81
	Recall	0.00	0.76	0.87	0.85	0.82	0.91	0.84
	F1-Score	0.00	0.81	0.74	0.81	0.84	0.78	0.82
3	Precision	0.77	0.96	0.79	0.82	0.96	0.69	0.85
	Recall	0.94	0.73	0.83	0.82	0.89	0.82	0.92
	F1-Score	0.85	0.83	0.81	0.82	0.93	0.75	0.88
4	Precision	0.00	1.00	0.75	0.72	0.88	0.79	0.78
	Recall	0.00	0.82	0.91	0.88	0.75	0.86	0.84
	F1-Score	0.00	0.90	0.82	0.79	0.81	0.83	0.81
5	Precision	0.00	0.83	0.55	0.93	0.80	0.62	0.81
	Recall	0.00	0.91	0.78	0.85	0.86	0.91	0.88
	F1-Score	0.00	0.87	0.64	0.89	0.83	0.74	0.85
	Precision	0.77	1.00	0.79	0.93	0.96	0.79	0.85

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มาก สุด	Recall	0.94	0.91	0.91	0.88	0.89	0.91	0.92
	F1-Score	0.85	0.90	0.82	0.89	0.93	0.83	0.88
น้อย สุด	Precision	0.00	0.68	0.00	0.72	0.71	0.62	0.76
	Recall	0.00	0.73	0.00	0.70	0.75	0.82	0.76
	F1-Score	0.00	0.71	0.00	0.73	0.77	0.74	0.76
เฉลี่ย	Precision	0.15	0.87	0.55	0.80	0.84	0.70	0.80
	Recall	0.19	0.80	0.68	0.82	0.84	0.87	0.85
	F1-Score	0.17	0.82	0.60	0.81	0.84	0.78	0.82
S.D.	Precision	0.34	0.13	0.32	0.08	0.09	0.06	0.03
	Recall	0.42	0.07	0.38	0.07	0.05	0.04	0.06
	F1-Score	0.38	0.07	0.34	0.06	0.06	0.04	0.05

จากตารางที่ ข.6 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์และปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์ได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟ เปิดทีวีและเปิดประตูที่ค่อนข้างต่ำ



รูปที่ ข.1 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ ข.2 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512x256x128 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูล ทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ตารางที่ ข.7 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.37	0.44	0.43	0.62	0.42	0.44	0.17
	Recall	0.57	0.72	0.91	0.60	0.36	0.52	0.07
	F1-Score	0.45	0.54	0.58	0.61	0.39	0.48	0.10
2	Precision	0.36	0.48	0.39	0.64	0.45	0.44	0.29
	Recall	0.63	0.64	0.89	0.60	0.38	0.57	0.14
	F1-Score	0.46	0.55	0.55	0.62	0.41	0.50	0.19
3	Precision	0.42	0.47	0.42	0.64	0.39	0.44	0.27
	Recall	0.57	0.68	0.94	0.62	0.47	0.50	0.14
	F1-Score	0.48	0.56	0.58	0.63	0.43	0.47	0.19
4	Precision	0.41	0.43	0.39	0.62	0.42	0.50	0.33
	Recall	0.53	0.70	0.83	0.66	0.57	0.52	0.17
	F1-Score	0.46	0.54	0.53	0.64	0.48	0.51	0.22
5	Precision	0.37	0.57	0.44	0.52	0.43	0.39	0.25
	Recall	0.65	0.72	0.83	0.60	0.19	0.61	0.14
	F1-Score	0.47	0.64	0.57	0.55	0.26	0.47	0.18
มากที่สุด	Precision	0.42	0.57	0.44	0.64	0.45	0.50	0.33
	Recall	0.65	0.72	0.94	0.66	0.57	0.61	0.17
	F1-Score	0.48	0.64	0.58	0.64	0.48	0.51	0.22
น้อยที่สุด	Precision	0.36	0.43	0.39	0.52	0.39	0.39	0.17
	Recall	0.53	0.64	0.83	0.60	0.19	0.50	0.07
	F1-Score	0.45	0.54	0.53	0.55	0.26	0.47	0.10
เฉลี่ย	Precision	0.39	0.48	0.41	0.61	0.42	0.44	0.26
	Recall	0.59	0.69	0.88	0.62	0.39	0.54	0.13
	F1-Score	0.46	0.57	0.56	0.61	0.39	0.49	0.18
S.D.	Precision	0.03	0.06	0.02	0.05	0.02	0.04	0.06
	Recall	0.05	0.03	0.05	0.03	0.14	0.05	0.04
	F1-Score	0.01	0.04	0.02	0.04	0.08	0.02	0.05

ตารางที่ ข.7 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.58	0.52	0.81	0.36	0.48	0.50	0.52
	Recall	0.39	0.47	0.50	0.21	0.31	0.36	0.37
	F1-Score	0.47	0.49	0.62	0.27	0.38	0.42	0.43
2	Precision	0.60	0.67	0.72	0.37	0.52	0.56	0.38
	Recall	0.39	0.43	0.50	0.31	0.26	0.14	0.43
	F1-Score	0.47	0.52	0.59	0.34	0.35	0.22	0.40
3	Precision	0.68	0.52	0.69	0.46	0.59	0.58	0.43
	Recall	0.41	0.32	0.60	0.29	0.31	0.19	0.57
	F1-Score	0.51	0.39	0.64	0.35	0.41	0.29	0.49
4	Precision	0.67	0.67	0.76	0.30	0.63	0.53	0.51
	Recall	0.35	0.38	0.62	0.24	0.29	0.25	0.54
	F1-Score	0.46	0.49	0.68	0.27	0.39	0.34	0.53
5	Precision	0.68	0.61	0.72	0.34	0.60	0.53	0.44
	Recall	0.37	0.43	0.62	0.29	0.29	0.47	0.34
	F1-Score	0.48	0.50	0.67	0.31	0.39	0.50	0.39
มาก สุด	Precision	0.68	0.67	0.81	0.46	0.63	0.58	0.52
	Recall	0.41	0.47	0.62	0.31	0.31	0.47	0.57
	F1-Score	0.51	0.52	0.68	0.35	0.41	0.50	0.53
น้อย สุด	Precision	0.58	0.52	0.69	0.30	0.48	0.50	0.38
	Recall	0.35	0.32	0.50	0.21	0.26	0.14	0.34
	F1-Score	0.46	0.39	0.59	0.27	0.35	0.22	0.39
เฉลี่ย	Precision	0.64	0.60	0.74	0.37	0.56	0.54	0.46
	Recall	0.38	0.41	0.57	0.27	0.29	0.28	0.45
	F1-Score	0.48	0.48	0.64	0.31	0.38	0.35	0.45
S.D.	Precision	0.05	0.08	0.05	0.06	0.06	0.03	0.06
	Recall	0.02	0.06	0.06	0.04	0.02	0.13	0.10
	F1-Score	0.02	0.05	0.04	0.04	0.02	0.11	0.06

จากตารางที่ ข.7 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิด ประตุมีค่า Percision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดที่มีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวี่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดประตุมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวี่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด จากผลของเครื่องมือที่ได้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีประสิทธิภาพในการทำนายที่ค่อนข้างต่ำในทุกเสียงพูด

ตารางที่ ข.8 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.38	0.51	0.38	0.57	0.47	0.44	0.20
	Recall	0.57	0.72	0.85	0.57	0.36	0.54	0.07
	F1-Score	0.46	0.60	0.53	0.57	0.41	0.49	0.11
2	Precision	0.39	0.57	0.43	0.63	0.54	0.46	0.33
	Recall	0.61	0.68	0.91	0.72	0.43	0.61	0.19
	F1-Score	0.48	0.62	0.59	0.67	0.48	0.52	0.24
3	Precision	0.36	0.55	0.44	0.65	0.50	0.49	0.24
	Recall	0.65	0.72	0.89	0.60	0.43	0.57	0.12
	F1-Score	0.47	0.62	0.59	0.62	0.46	0.53	0.16
4	Precision	0.44	0.45	0.40	0.55	0.50	0.41	0.26
	Recall	0.57	0.70	0.85	0.66	0.32	0.61	0.12
	F1-Score	0.50	0.55	0.54	0.60	0.39	0.49	0.16
5	Precision	0.39	0.55	0.38	0.63	0.53	0.37	0.25
	Recall	0.65	0.70	0.96	0.57	0.43	0.46	0.12
	F1-Score	0.49	0.62	0.55	0.60	0.47	0.41	0.16
มากที่สุด	Precision	0.44	0.57	0.44	0.65	0.54	0.49	0.33
	Recall	0.65	0.72	0.96	0.72	0.43	0.61	0.19
	F1-Score	0.50	0.62	0.59	0.67	0.48	0.53	0.24

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย สุด	Precision	0.36	0.45	0.38	0.55	0.47	0.37	0.20
	Recall	0.57	0.68	0.85	0.57	0.32	0.46	0.07
	F1-Score	0.46	0.55	0.53	0.57	0.39	0.41	0.11
เฉลี่ย	Precision	0.39	0.53	0.41	0.61	0.51	0.43	0.26
	Recall	0.61	0.70	0.89	0.62	0.39	0.56	0.12
	F1-Score	0.48	0.60	0.56	0.61	0.44	0.49	0.17
S.D.	Precision	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05
	Recall	0.04	0.02	0.05	0.07	0.05	0.06	0.04
	F1-Score	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05

ตารางที่ ข.8 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนทีพุดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.64	0.71	0.73	0.44	0.64	0.56	0.49
	Recall	0.46	0.43	0.64	0.43	0.33	0.28	0.51
	F1-Score	0.53	0.53	0.68	0.43	0.44	0.37	0.50
2	Precision	0.65	0.83	0.75	0.46	0.55	0.79	0.45
	Recall	0.43	0.43	0.64	0.43	0.29	0.31	0.51
	F1-Score	0.52	0.56	0.69	0.44	0.37	0.44	0.48
3	Precision	0.57	0.61	0.78	0.42	0.46	0.58	0.53
	Recall	0.43	0.49	0.50	0.31	0.31	0.31	0.51
	F1-Score	0.49	0.54	0.61	0.36	0.37	0.40	0.52
4	Precision	0.66	0.73	0.70	0.54	0.48	0.41	0.42
	Recall	0.46	0.47	0.62	0.36	0.24	0.19	0.46
	F1-Score	0.54	0.57	0.66	0.43	0.32	0.26	0.44
5	Precision	0.71	0.53	0.69	0.40	0.58	0.65	0.45
	Recall	0.43	0.40	0.48	0.29	0.33	0.31	0.43
	F1-Score	0.54	0.46	0.56	0.33	0.42	0.42	0.44

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Precision	0.71	0.83	0.78	0.54	0.64	0.79	0.53
	Recall	0.46	0.49	0.64	0.43	0.33	0.31	0.51
	F1-Score	0.54	0.57	0.69	0.44	0.44	0.44	0.52
น้อยที่สุด	Precision	0.57	0.53	0.69	0.40	0.46	0.41	0.42
	Recall	0.43	0.40	0.48	0.29	0.24	0.19	0.43
	F1-Score	0.49	0.46	0.56	0.33	0.32	0.26	0.44
เฉลี่ย	Precision	0.65	0.68	0.73	0.45	0.54	0.60	0.47
	Recall	0.44	0.44	0.58	0.36	0.30	0.28	0.48
	F1-Score	0.52	0.53	0.64	0.40	0.38	0.38	0.48
S.D.	Precision	0.05	0.12	0.04	0.05	0.07	0.14	0.04
	Recall	0.02	0.04	0.08	0.07	0.04	0.05	0.04
	F1-Score	0.02	0.04	0.05	0.05	0.05	0.07	0.04

จากตารางที่ ข.8 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด จากผลของเครื่องมือที่ได้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีประสิทธิภาพในการทำนายที่ค่อนข้างต่ำในทุกเสียงพูด

ตารางที่ ข.9 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256x128 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.47	0.53	0.41	0.62	0.54	0.38	0.25
	Recall	0.55	0.81	0.79	0.66	0.28	0.63	0.12
	F1-Score	0.51	0.64	0.54	0.64	0.37	0.47	0.16

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
2	Precision	0.42	0.54	0.37	0.45	0.44	0.43	0.32
	Recall	0.61	0.70	0.79	0.62	0.34	0.50	0.24
	F1-Score	0.50	0.61	0.50	0.52	0.39	0.46	0.27
3	Precision	0.33	0.63	0.35	0.52	0.61	0.55	0.15
	Recall	0.61	0.68	0.79	0.68	0.53	0.48	0.05
	F1-Score	0.43	0.65	0.49	0.59	0.57	0.51	0.07
4	Precision	0.41	0.58	0.45	0.59	0.44	0.42	0.28
	Recall	0.63	0.72	0.83	0.74	0.49	0.54	0.17
	F1-Score	0.50	0.64	0.58	0.66	0.46	0.48	0.21
5	Precision	0.48	0.43	0.45	0.40	0.47	0.44	0.24
	Recall	0.45	0.64	0.72	0.66	0.36	0.65	0.14
	F1-Score	0.46	0.51	0.56	0.50	0.41	0.53	0.18
มากที่สุด	Precision	0.48	0.63	0.45	0.62	0.61	0.55	0.32
	Recall	0.63	0.81	0.83	0.74	0.53	0.65	0.24
	F1-Score	0.51	0.65	0.58	0.66	0.57	0.53	0.27
น้อยที่สุด	Precision	0.33	0.43	0.35	0.40	0.44	0.38	0.15
	Recall	0.45	0.64	0.72	0.62	0.28	0.48	0.05
	F1-Score	0.43	0.51	0.49	0.50	0.37	0.46	0.07
เฉลี่ย	Precision	0.42	0.54	0.41	0.52	0.50	0.44	0.25
	Recall	0.57	0.71	0.78	0.67	0.40	0.56	0.14
	F1-Score	0.48	0.61	0.53	0.58	0.44	0.49	0.18
S.D.	Precision	0.06	0.07	0.05	0.09	0.07	0.06	0.06
	Recall	0.07	0.06	0.04	0.04	0.11	0.08	0.07
	F1-Score	0.03	0.06	0.04	0.07	0.08	0.03	0.07

ตารางที่ ข.9 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบ
หลายชั้นโครงสร้าง 256x128 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของ
คนที่พูดไม่ได้ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.65	0.54	0.65	0.45	0.53	0.50	0.49
	Recall	0.37	0.43	0.48	0.45	0.40	0.31	0.49
	F1-Score	0.47	0.48	0.55	0.45	0.46	0.38	0.49
2	Precision	0.00	0.72	0.67	0.41	0.48	0.60	0.55
	Recall	0.00	0.38	0.67	0.55	0.36	0.25	0.46
	F1-Score	0.00	0.50	0.67	0.47	0.41	0.35	0.50
3	Precision	0.59	0.62	0.66	0.44	0.46	0.42	0.43
	Recall	0.50	0.34	0.55	0.36	0.29	0.39	0.26
	F1-Score	0.54	0.44	0.60	0.39	0.35	0.41	0.32
4	Precision	0.48	0.00	0.57	0.27	0.52	0.60	0.51
	Recall	0.43	0.00	0.67	0.24	0.26	0.25	0.51
	F1-Score	0.45	0.00	0.62	0.25	0.35	0.35	0.51
5	Precision	0.00	0.60	0.66	0.42	0.35	0.36	0.46
	Recall	0.00	0.51	0.55	0.26	0.36	0.28	0.60
	F1-Score	0.00	0.55	0.60	0.32	0.35	0.31	0.52
มาก สุด	Precision	0.65	0.72	0.67	0.45	0.53	0.60	0.55
	Recall	0.50	0.51	0.67	0.55	0.40	0.39	0.60
	F1-Score	0.54	0.55	0.67	0.47	0.46	0.41	0.52
น้อย สุด	Precision	0.00	0.00	0.57	0.27	0.35	0.36	0.43
	Recall	0.00	0.00	0.48	0.24	0.26	0.25	0.26
	F1-Score	0.00	0.00	0.55	0.25	0.35	0.31	0.32
เฉลี่ย	Precision	0.34	0.50	0.64	0.40	0.47	0.50	0.49
	Recall	0.26	0.33	0.58	0.37	0.33	0.30	0.46
	F1-Score	0.29	0.39	0.61	0.38	0.38	0.36	0.47
S.D.	Precision	0.32	0.28	0.04	0.07	0.07	0.11	0.05
	Recall	0.24	0.20	0.08	0.13	0.06	0.06	0.13
	F1-Score	0.27	0.22	0.04	0.09	0.05	0.04	0.08

จากตารางที่ ข.9 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256x128 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดประตุมีค่า Percision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดใน ส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และใน ส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟและเปิดประตุมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อย ที่สุด จากผลของเครื่องมือที่ได้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 256x128 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมี ประสิทธิภาพในการทำนายที่ค่อนข้างต่ำในทุกเสียงพูด

ตารางที่ ข.10 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลาย ชั้นโครงสร้าง 512x256 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.46	0.62	0.37	0.47	0.66	0.46	0.29
	Recall	0.67	0.62	0.79	0.60	0.49	0.54	0.14
	F1-Score	0.55	0.62	0.50	0.53	0.56	0.50	0.19
2	Precision	0.52	0.63	0.44	0.62	0.60	0.41	0.28
	Recall	0.59	0.70	0.85	0.74	0.38	0.63	0.21
	F1-Score	0.55	0.67	0.58	0.68	0.47	0.50	0.24
3	Precision	0.35	0.53	0.34	0.52	0.42	0.44	0.33
	Recall	0.59	0.66	0.70	0.66	0.28	0.61	0.45
	F1-Score	0.44	0.58	0.46	0.58	0.33	0.51	0.38
4	Precision	0.51	0.49	0.33	0.48	0.47	0.42	0.30
	Recall	0.49	0.66	0.87	0.66	0.38	0.48	0.21
	F1-Score	0.50	0.56	0.47	0.55	0.42	0.45	0.25
5	Precision	0.40	0.43	0.32	0.52	0.57	0.54	0.30
	Recall	0.43	0.66	0.89	0.55	0.49	0.46	0.33
	F1-Score	0.42	0.52	0.47	0.54	0.53	0.49	0.31
มากที่สุด	Precision	0.52	0.63	0.44	0.62	0.66	0.54	0.33
	Recall	0.67	0.70	0.89	0.74	0.49	0.63	0.45
	F1-Score	0.55	0.67	0.58	0.68	0.56	0.51	0.38

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย สุด	Precision	0.35	0.43	0.32	0.47	0.42	0.41	0.28
	Recall	0.43	0.62	0.70	0.55	0.28	0.46	0.14
	F1-Score	0.42	0.52	0.46	0.53	0.33	0.45	0.19
เฉลี่ย	Precision	0.45	0.54	0.36	0.52	0.54	0.45	0.30
	Recall	0.55	0.66	0.82	0.64	0.40	0.54	0.27
	F1-Score	0.49	0.59	0.50	0.58	0.46	0.49	0.27
S.D.	Precision	0.07	0.09	0.05	0.06	0.10	0.05	0.02
	Recall	0.09	0.03	0.08	0.07	0.09	0.08	0.12
	F1-Score	0.06	0.06	0.05	0.06	0.09	0.02	0.07

ตารางที่ ข.10 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.55	0.55	0.89	0.39	0.42	0.43	0.56
	Recall	0.37	0.74	0.38	0.29	0.36	0.28	0.40
	F1-Score	0.44	0.63	0.53	0.33	0.38	0.34	0.47
2	Precision	0.57	0.00	0.56	0.50	0.54	0.70	0.38
	Recall	0.50	0.00	0.76	0.45	0.36	0.19	0.60
	F1-Score	0.53	0.00	0.65	0.48	0.43	0.30	0.47
3	Precision	0.63	0.00	0.62	0.46	0.52	0.00	0.52
	Recall	0.37	0.00	0.60	0.43	0.40	0.00	0.37
	F1-Score	0.47	0.00	0.61	0.44	0.45	0.00	0.43
4	Precision	0.00	0.67	0.53	0.40	0.47	0.55	0.52
	Recall	0.00	0.38	0.60	0.29	0.38	0.44	0.40
	F1-Score	0.00	0.49	0.56	0.33	0.42	0.49	0.45
5	Precision	0.00	0.55	0.60	0.36	0.56	0.50	0.48
	Recall	0.00	0.45	0.36	0.36	0.33	0.36	0.37
	F1-Score	0.00	0.49	0.45	0.36	0.42	0.42	0.42

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Precision	0.63	0.67	0.89	0.50	0.56	0.70	0.56
	Recall	0.50	0.74	0.76	0.45	0.40	0.44	0.60
	F1-Score	0.53	0.63	0.65	0.48	0.45	0.49	0.47
น้อยที่สุด	Precision	0.00	0.00	0.53	0.36	0.42	0.00	0.38
	Recall	0.00	0.00	0.36	0.29	0.33	0.00	0.37
	F1-Score	0.00	0.00	0.45	0.33	0.38	0.00	0.42
เฉลี่ย	Precision	0.35	0.35	0.64	0.42	0.50	0.44	0.49
	Recall	0.25	0.31	0.54	0.36	0.37	0.25	0.43
	F1-Score	0.29	0.32	0.56	0.39	0.42	0.31	0.45
S.D.	Precision	0.32	0.33	0.14	0.06	0.06	0.26	0.07
	Recall	0.23	0.32	0.17	0.08	0.03	0.17	0.10
	F1-Score	0.26	0.30	0.08	0.07	0.03	0.19	0.02

จากตารางที่ ข.10 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดใน ส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อย ที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อย ที่สุด จากผลของเครื่องมือที่ได้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256 แบบ 2 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมี ประสิทธิภาพในการทำนายที่ค่อนข้างต่ำในทุกเสียงพูด

ตารางที่ ข.11 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลาย ชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูด ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.40	0.43	0.46	0.71	0.39	0.36	0.25
	Recall	0.47	0.68	0.83	0.57	0.43	0.57	0.17
	F1-Score	0.43	0.53	0.60	0.64	0.41	0.44	0.20

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
2	Precision	0.37	0.41	0.36	0.38	0.37	0.54	0.21
	Recall	0.39	0.53	0.79	0.64	0.68	0.43	0.26
	F1-Score	0.38	0.46	0.49	0.48	0.48	0.48	0.23
3	Precision	0.56	0.50	0.35	0.55	0.34	0.42	0.07
	Recall	0.59	0.72	0.87	0.51	0.60	0.50	0.02
	F1-Score	0.57	0.59	0.50	0.53	0.43	0.46	0.04
4	Precision	0.57	0.66	0.38	0.51	0.31	0.49	0.33
	Recall	0.71	0.66	0.87	0.57	0.66	0.43	0.31
	F1-Score	0.64	0.66	0.53	0.54	0.42	0.46	0.32
5	Precision	0.39	0.43	0.39	0.42	0.45	0.38	0.26
	Recall	0.57	0.72	0.74	0.74	0.51	0.35	0.24
	F1-Score	0.47	0.54	0.51	0.53	0.48	0.36	0.25
มากที่สุด	Precision	0.57	0.66	0.46	0.71	0.45	0.54	0.33
	Recall	0.71	0.72	0.87	0.74	0.68	0.57	0.31
	F1-Score	0.64	0.66	0.60	0.64	0.48	0.48	0.32
น้อยที่สุด	Precision	0.37	0.41	0.35	0.38	0.31	0.36	0.07
	Recall	0.39	0.53	0.74	0.51	0.43	0.35	0.02
	F1-Score	0.38	0.46	0.49	0.48	0.41	0.36	0.04
เฉลี่ย	Precision	0.46	0.49	0.39	0.51	0.37	0.44	0.22
	Recall	0.55	0.66	0.82	0.61	0.58	0.46	0.20
	F1-Score	0.50	0.56	0.53	0.54	0.44	0.44	0.21
S.D.	Precision	0.10	0.10	0.04	0.13	0.05	0.08	0.10
	Recall	0.12	0.08	0.06	0.09	0.11	0.08	0.11
	F1-Score	0.11	0.07	0.04	0.06	0.03	0.05	0.10

ตารางที่ ข.11 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ้อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนที่ถูกไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.00	0.38	0.00	0.44	0.48	0.41	0.24
	Recall	0.00	0.40	0.00	0.19	0.29	0.33	0.60
	F1-Score	0.00	0.39	0.00	0.27	0.36	0.37	0.34
2	Precision	0.00	0.58	0.66	0.46	0.43	0.00	0.44
	Recall	0.00	0.40	0.50	0.14	0.38	0.00	0.40
	F1-Score	0.00	0.48	0.57	0.22	0.41	0.00	0.42
3	Precision	0.65	0.51	0.64	0.52	0.48	0.00	0.47
	Recall	0.52	0.38	0.43	0.36	0.24	0.00	0.46
	F1-Score	0.58	0.44	0.51	0.42	0.32	0.00	0.46
4	Precision	0.62	0.57	0.67	0.41	0.56	0.00	0.43
	Recall	0.39	0.34	0.43	0.33	0.24	0.00	0.37
	F1-Score	0.48	0.43	0.52	0.37	0.33	0.00	0.40
5	Precision	0.00	0.54	0.62	0.58	0.52	0.34	0.69
	Recall	0.00	0.43	0.50	0.26	0.29	0.31	0.26
	F1-Score	0.00	0.48	0.55	0.36	0.37	0.32	0.37
มาก สุด	Precision	0.65	0.58	0.67	0.58	0.56	0.41	0.69
	Recall	0.52	0.43	0.50	0.36	0.38	0.33	0.60
	F1-Score	0.58	0.48	0.57	0.42	0.41	0.37	0.46
น้อย สุด	Precision	0.00	0.38	0.00	0.41	0.43	0.00	0.24
	Recall	0.00	0.34	0.00	0.14	0.24	0.00	0.26
	F1-Score	0.00	0.39	0.00	0.22	0.32	0.00	0.34
เฉลี่ย	Precision	0.25	0.52	0.52	0.48	0.49	0.15	0.45
	Recall	0.18	0.39	0.37	0.26	0.29	0.13	0.42
	F1-Score	0.21	0.44	0.43	0.33	0.36	0.14	0.40
S.D.	Precision	0.35	0.08	0.29	0.07	0.05	0.21	0.16
	Recall	0.25	0.03	0.21	0.09	0.06	0.18	0.12
	F1-Score	0.29	0.04	0.24	0.08	0.04	0.19	0.05

จากตารางที่ ข.11 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ้อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดปิดประตูและเปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด จากผลของเครื่องมือที่ได้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ้อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีประสิทธิภาพในการทำนายที่ค่อนข้างต่ำในทุกเสียงพูด

ตารางที่ ข.12 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ้อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.35	0.40	0.44	0.58	0.52	0.43	0.33
	Recall	0.71	0.68	0.60	0.60	0.51	0.65	0.33
	F1-Score	0.47	0.50	0.51	0.59	0.52	0.52	0.33
2	Precision	0.60	0.63	0.39	0.56	0.49	0.52	0.30
	Recall	0.51	0.70	0.87	0.62	0.53	0.59	0.26
	F1-Score	0.55	0.67	0.54	0.59	0.51	0.55	0.28
3	Precision	0.43	0.60	0.38	0.57	0.42	0.48	0.20
	Recall	0.65	0.62	0.98	0.49	0.47	0.57	0.10
	F1-Score	0.52	0.61	0.55	0.53	0.44	0.52	0.13
4	Precision	0.32	0.49	0.52	0.76	0.44	0.47	0.37
	Recall	0.76	0.64	0.79	0.40	0.64	0.52	0.26
	F1-Score	0.45	0.56	0.63	0.53	0.52	0.49	0.31
5	Precision	0.68	0.64	0.41	0.37	0.56	0.47	0.18
	Recall	0.31	0.72	0.60	0.79	0.47	0.57	0.12
	F1-Score	0.42	0.68	0.48	0.50	0.51	0.51	0.14
มากที่สุด	Precision	0.68	0.64	0.52	0.76	0.56	0.52	0.37
	Recall	0.76	0.72	0.98	0.79	0.64	0.65	0.33
	F1-Score	0.55	0.68	0.63	0.59	0.52	0.55	0.33

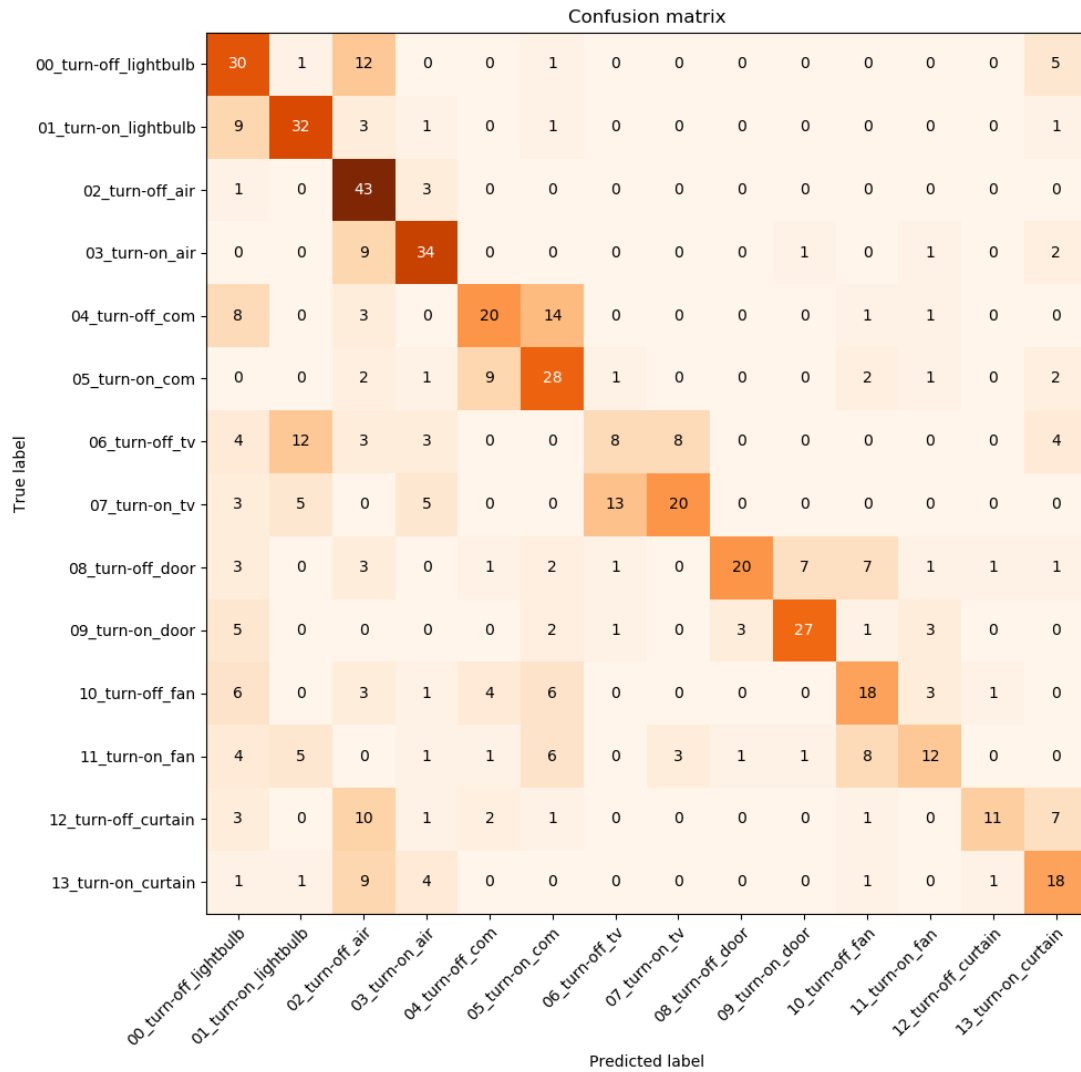
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย สุด	Precision	0.32	0.40	0.38	0.37	0.42	0.43	0.18
	Recall	0.31	0.62	0.60	0.40	0.47	0.52	0.10
	F1-Score	0.42	0.50	0.48	0.50	0.44	0.49	0.13
เฉลี่ย	Precision	0.48	0.55	0.43	0.57	0.49	0.47	0.28
	Recall	0.59	0.67	0.77	0.58	0.52	0.58	0.21
	F1-Score	0.48	0.60	0.54	0.55	0.50	0.52	0.24
S.D.	Precision	0.16	0.10	0.06	0.14	0.06	0.03	0.08
	Recall	0.18	0.04	0.17	0.15	0.07	0.05	0.10
	F1-Score	0.05	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02	0.10

ตารางที่ ข.12 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ้อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

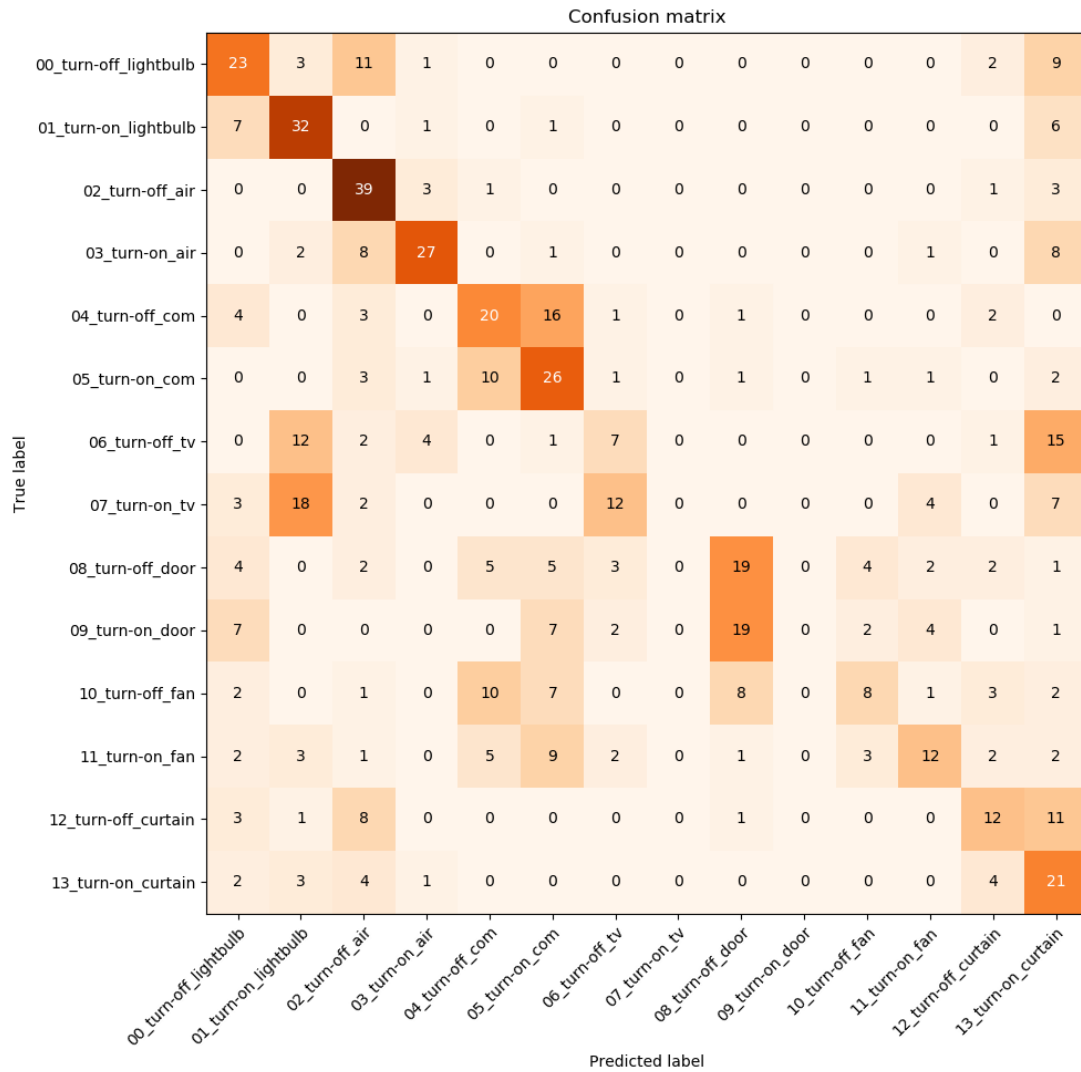
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.00	0.49	0.00	0.42	0.31	0.42	0.35
	Recall	0.00	0.43	0.00	0.26	0.29	0.44	0.23
	F1-Score	0.00	0.45	0.00	0.32	0.30	0.43	0.28
2	Precision	0.00	0.48	0.42	0.48	0.44	0.39	0.47
	Recall	0.00	0.28	0.50	0.55	0.29	0.44	0.40
	F1-Score	0.00	0.35	0.46	0.51	0.35	0.42	0.43
3	Precision	0.57	0.62	0.70	0.64	0.58	0.29	0.48
	Recall	0.35	0.55	0.50	0.38	0.26	0.25	0.43
	F1-Score	0.43	0.58	0.58	0.48	0.36	0.27	0.45
4	Precision	0.00	0.51	0.53	0.42	0.59	0.45	0.46
	Recall	0.00	0.40	0.45	0.38	0.24	0.50	0.34
	F1-Score	0.00	0.45	0.49	0.40	0.34	0.47	0.39
5	Precision	0.00	0.39	0.48	0.43	0.48	0.28	0.34
	Recall	0.00	0.28	0.62	0.36	0.31	0.39	0.49
	F1-Score	0.00	0.32	0.54	0.39	0.38	0.33	0.40

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Precision	0.57	0.62	0.70	0.64	0.59	0.45	0.48
	Recall	0.35	0.55	0.62	0.55	0.31	0.50	0.49
	F1-Score	0.43	0.58	0.58	0.51	0.38	0.47	0.45
น้อยที่สุด	Precision	0.00	0.39	0.00	0.42	0.31	0.28	0.34
	Recall	0.00	0.28	0.00	0.26	0.24	0.25	0.23
	F1-Score	0.00	0.32	0.00	0.32	0.30	0.27	0.28
เฉลี่ย	Precision	0.11	0.50	0.43	0.48	0.48	0.37	0.42
	Recall	0.07	0.39	0.41	0.39	0.28	0.40	0.38
	F1-Score	0.09	0.43	0.41	0.42	0.35	0.38	0.39
S.D.	Precision	0.25	0.08	0.26	0.09	0.11	0.08	0.07
	Recall	0.16	0.11	0.24	0.10	0.03	0.09	0.10
	F1-Score	0.19	0.10	0.24	0.08	0.03	0.08	0.07

จากตารางที่ ข.12 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดใน ส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และใน ส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด จากผล ของเครื่องมือที่ได้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นโครงสร้าง 1024x512x256 แบบ 3 ชั้นซ่อน กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน มีประสิทธิภาพในการทำนายที่ค่อนข้างต่ำในทุกเสียงพูด



รูปที่ ข.3 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512 แบบ 1 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยง ของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ ข.4 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เพอร์เซพตรอนแบบหลายชั้นที่โครงสร้าง 512x256x128 แบบ 3 ชั้นซ้อนกับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ตารางที่ ข.13 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คน
ละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.94	0.87	0.94	0.96	0.96	0.97	0.93
	Recall	0.92	1.00	0.86	0.94	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.93	0.93	0.90	0.95	0.98	0.98	0.96
2	Precision	0.92	1.00	0.89	0.98	0.81	0.97	0.96
	Recall	0.94	0.97	0.84	0.92	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.93	0.99	0.86	0.95	0.89	0.98	0.98
3	Precision	0.94	0.97	0.90	1.00	0.96	0.96	0.96
	Recall	0.94	1.00	0.95	0.90	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.94	0.99	0.92	0.95	0.98	0.96	0.98
4	Precision	0.94	0.97	0.94	0.98	0.96	1.00	0.96
	Recall	0.92	0.97	0.89	0.96	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.93	0.97	0.92	0.97	0.98	1.00	0.98
5	Precision	0.94	0.94	0.87	1.00	1.00	0.96	0.96
	Recall	0.81	0.94	0.92	0.94	0.96	0.96	1.00
	F1-Score	0.87	0.94	0.89	0.97	0.98	0.96	0.98
มาก สุด	Precision	0.94	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	0.96
	Recall	0.94	1.00	0.95	0.96	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.94	0.99	0.92	0.97	0.98	1.00	0.98
น้อย สุด	Precision	0.92	0.87	0.87	0.96	0.81	0.96	0.93
	Recall	0.81	0.94	0.84	0.90	0.96	0.96	1.00
	F1-Score	0.87	0.93	0.86	0.95	0.89	0.96	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.95	0.91	0.98	0.94	0.97	0.95
	Recall	0.91	0.98	0.89	0.93	0.99	0.98	1.00
	F1-Score	0.92	0.96	0.90	0.96	0.96	0.98	0.98
S.D.	Precision	0.01	0.05	0.03	0.02	0.07	0.02	0.01
	Recall	0.05	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.00
	F1-Score	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01

ตารางที่ ข.13 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอน
แต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.79	0.97	0.93	0.91	1.00
	Recall	0.94	0.91	0.96	0.94	0.89	0.95	0.84
	F1-Score	0.97	0.95	0.86	0.95	0.91	0.93	0.91
2	Precision	1.00	0.94	1.00	0.97	1.00	0.91	0.89
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.85	0.96	0.95	0.96
	F1-Score	1.00	0.94	0.98	0.90	0.98	0.93	0.92
3	Precision	1.00	0.97	1.00	0.89	0.96	0.85	1.00
	Recall	0.94	0.91	0.91	0.97	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.94	0.95	0.93	0.96	0.92	0.96
4	Precision	1.00	0.97	1.00	0.89	0.96	0.92	0.92
	Recall	1.00	0.91	0.91	0.97	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.94	0.95	0.93	0.96	0.96	0.94
5	Precision	1.00	0.88	1.00	0.88	0.90	0.92	0.88
	Recall	1.00	0.91	0.96	0.88	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.90	0.98	0.88	0.95	0.96	0.90
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.98	0.95	0.98	0.96	0.96
น้อย สุด	Precision	1.00	0.88	0.79	0.88	0.90	0.85	0.88
	Recall	0.94	0.91	0.91	0.85	0.89	0.95	0.84
	F1-Score	0.97	0.90	0.86	0.88	0.91	0.92	0.90
เฉลี่ย	Precision	1.00	0.95	0.96	0.92	0.95	0.90	0.94
	Recall	0.98	0.92	0.94	0.92	0.95	0.98	0.92
	F1-Score	0.99	0.93	0.94	0.92	0.95	0.94	0.93
S.D.	Precision	0.00	0.05	0.09	0.05	0.04	0.03	0.06
	Recall	0.03	0.01	0.03	0.05	0.04	0.03	0.05
	F1-Score	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.13 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดทีวี่มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดทีวี่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดทีวี่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวี่ได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.14 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

โครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.92	0.94	0.92	0.96	0.86	0.96	0.96
	Recall	0.92	0.97	0.92	0.92	0.96	0.93	1.00
	F1-Score	0.92	0.96	0.92	0.94	0.91	0.95	0.98
2	Precision	0.94	1.00	0.85	0.98	0.92	0.93	0.96
	Recall	0.86	0.94	0.92	0.98	0.96	0.93	1.00
	F1-Score	0.90	0.97	0.88	0.98	0.94	0.93	0.98
3	Precision	0.94	0.94	0.89	0.98	0.92	0.96	0.93
	Recall	0.86	0.97	0.86	0.90	0.96	0.96	1.00
	F1-Score	0.90	0.96	0.88	0.94	0.94	0.96	0.96
4	Precision	0.94	0.97	0.89	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	0.86	0.97	0.92	0.90	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.90	0.97	0.91	0.95	0.98	0.96	1.00
5	Precision	0.94	0.97	0.95	0.98	0.93	1.00	1.00
	Recall	0.92	0.97	0.95	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.93	0.97	0.95	0.97	0.96	0.98	1.00
มาก สุด	Precision	0.94	1.00	0.95	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	0.92	0.97	0.95	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.93	0.97	0.95	0.98	0.98	0.98	1.00
	Precision	0.92	0.94	0.85	0.96	0.86	0.93	0.93

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย	Recall	0.86	0.94	0.86	0.90	0.96	0.93	1.00
	F1-Score	0.90	0.96	0.88	0.94	0.91	0.93	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.96	0.90	0.98	0.92	0.97	0.97
	Recall	0.88	0.96	0.91	0.93	0.98	0.94	1.00
	F1-Score	0.91	0.97	0.91	0.96	0.95	0.96	0.98
S.D.	Precision	0.01	0.03	0.04	0.01	0.04	0.03	0.03
	Recall	0.03	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02	0.00
	F1-Score	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02

ตารางที่ ข.14 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอน
แต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.96	0.95	0.81	0.90	0.91	0.92
	Recall	0.94	0.82	0.87	0.91	0.96	0.95	0.88
	F1-Score	0.97	0.89	0.91	0.86	0.93	0.93	0.90
2	Precision	1.00	0.83	0.91	0.90	0.93	0.91	0.96
	Recall	0.94	0.91	0.91	0.82	0.96	0.95	0.92
	F1-Score	0.97	0.87	0.91	0.86	0.95	0.93	0.94
3	Precision	1.00	0.97	0.88	0.89	0.96	0.92	0.92
	Recall	1.00	0.88	0.96	0.97	0.93	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.92	0.92	0.93	0.95	0.96	0.94
4	Precision	1.00	0.97	0.92	0.91	0.90	0.81	0.88
	Recall	1.00	0.85	0.96	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.90	0.94	0.94	0.95	0.90	0.90
5	Precision	1.00	1.00	1.00	0.97	0.88	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.96	0.91	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.98	0.98	0.94	0.93	0.96	0.98
	Precision	1.00	1.00	1.00	0.97	0.96	0.92	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Recall	1.00	0.97	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.98	0.98	0.94	0.95	0.96	0.98
น้อยที่สุด	Precision	1.00	0.83	0.88	0.81	0.88	0.81	0.88
	Recall	0.94	0.82	0.87	0.82	0.93	0.95	0.88
	F1-Score	0.97	0.87	0.91	0.86	0.93	0.90	0.90
เฉลี่ย	Precision	1.00	0.95	0.93	0.90	0.91	0.89	0.94
	Recall	0.98	0.89	0.93	0.92	0.97	0.98	0.93
	F1-Score	0.99	0.91	0.93	0.91	0.94	0.94	0.93
S.D.	Precision	0.00	0.07	0.05	0.06	0.03	0.05	0.05
	Recall	0.03	0.06	0.04	0.06	0.03	0.03	0.03
	F1-Score	0.02	0.04	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03

จากตารางที่ ข.14 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดไฟ ปิดแอร์ ปิดประตูและปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.15 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

โครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.91	0.97	0.86	0.96	1.00	1.00	0.96
	Recall	0.86	0.97	0.86	0.92	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	0.89	0.97	0.86	0.94	0.98	1.00	0.96
2	Precision	0.94	0.94	0.89	1.00	1.00	0.93	0.90

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	Recall	0.89	0.94	0.89	0.90	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.91	0.94	0.89	0.95	1.00	0.97	0.95
	Precision	0.92	0.92	0.91	0.98	0.75	1.00	0.93
3	Recall	0.92	0.97	0.84	0.88	0.96	0.89	0.96
	F1-Score	0.92	0.94	0.87	0.92	0.84	0.94	0.95
	Precision	0.94	0.94	0.89	0.98	0.93	1.00	1.00
4	Recall	0.81	0.97	0.92	0.96	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.87	0.96	0.91	0.97	0.96	0.96	0.98
	Precision	0.97	0.94	0.92	0.98	0.96	0.96	0.93
5	Recall	0.83	0.91	0.92	0.92	0.96	0.96	1.00
	F1-Score	0.90	0.93	0.92	0.95	0.96	0.96	0.96
	Precision	0.97	0.97	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00
มาก สุด	Recall	0.92	0.97	0.92	0.96	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.92	0.97	0.92	0.97	1.00	1.00	0.98
	Precision	0.91	0.92	0.86	0.96	0.75	0.93	0.90
น้อย สุด	Recall	0.81	0.91	0.84	0.88	0.96	0.89	0.96
	F1-Score	0.87	0.93	0.86	0.92	0.84	0.94	0.95
	Precision	0.94	0.94	0.89	0.98	0.93	0.98	0.94
เฉลี่ย	Recall	0.86	0.95	0.89	0.92	0.98	0.96	0.98
	F1-Score	0.90	0.95	0.89	0.95	0.95	0.97	0.96
	Precision	0.02	0.02	0.02	0.01	0.10	0.03	0.04
S.D.	Recall	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.05	0.02
	F1-Score	0.02	0.02	0.03	0.02	0.06	0.02	0.01
	Precision	0.02	0.02	0.02	0.01	0.10	0.03	0.04

ตารางที่ ข.15 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอน
แต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.95	0.94	0.96	0.89	0.96	0.92	0.89
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.94	0.89	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.91	0.93	0.96	0.92
2	Precision	1.00	0.86	0.96	0.85	0.96	0.88	0.92
	Recall	0.94	0.91	0.96	0.85	0.89	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.88	0.96	0.85	0.93	0.94	0.92
3	Precision	1.00	0.88	0.88	0.87	0.93	0.81	0.84
	Recall	1.00	0.85	0.91	0.79	0.89	1.00	0.84
	F1-Score	1.00	0.86	0.89	0.83	0.91	0.90	0.84
4	Precision	0.95	0.94	0.95	0.91	0.93	0.88	0.92
	Recall	1.00	0.91	0.91	0.97	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.92	0.93	0.94	0.95	0.94	0.92
5	Precision	1.00	0.93	0.91	0.82	0.90	0.81	0.85
	Recall	0.94	0.82	0.87	0.94	0.93	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.87	0.89	0.87	0.91	0.90	0.88
มาก สุด	Precision	1.00	0.94	0.96	0.91	0.96	0.92	0.92
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.97	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.94	0.96	0.94	0.95	0.96	0.92
น้อย สุด	Precision	0.95	0.86	0.88	0.82	0.90	0.81	0.84
	Recall	0.94	0.82	0.87	0.79	0.89	1.00	0.84
	F1-Score	0.97	0.86	0.89	0.83	0.91	0.90	0.84
เฉลี่ย	Precision	0.98	0.91	0.93	0.87	0.94	0.86	0.88
	Recall	0.98	0.89	0.92	0.90	0.91	1.00	0.91
	F1-Score	0.98	0.89	0.93	0.88	0.93	0.93	0.90
S.D.	Precision	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04
	Recall	0.03	0.05	0.04	0.08	0.03	0.00	0.04
	F1-Score	0.01	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04

จากตารางที่ ข.15 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์ เปิดคอม และเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.16 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.94	0.97	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.86	1.00	0.95	0.94	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.90	0.99	0.90	0.97	1.00	0.94	0.98
2	Precision	0.89	0.94	0.83	0.98	0.89	0.96	0.96
	Recall	0.89	0.88	0.95	0.90	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.89	0.91	0.89	0.94	0.94	0.95	0.98
3	Precision	0.94	0.92	0.92	1.00	0.89	1.00	0.96
	Recall	0.86	0.97	0.95	0.94	0.96	0.96	1.00
	F1-Score	0.90	0.94	0.93	0.97	0.92	0.98	0.98
4	Precision	0.97	0.85	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.86	0.97	0.92	0.94	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.91	0.90	0.92	0.96	1.00	1.00	1.00
5	Precision	0.94	0.92	0.92	0.96	0.93	1.00	0.96
	Recall	0.81	0.97	0.92	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.87	0.94	0.92	0.96	0.96	0.98	0.98
มากที่สุด	Precision	0.97	0.97	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.89	1.00	0.95	0.96	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.91	0.99	0.93	0.97	1.00	1.00	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย สุด	Precision	0.89	0.85	0.83	0.96	0.89	0.96	0.96
	Recall	0.81	0.88	0.92	0.90	0.96	0.89	0.96
	F1-Score	0.87	0.90	0.89	0.94	0.92	0.94	0.98
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.92	0.89	0.98	0.94	0.99	0.98
	Recall	0.86	0.96	0.94	0.94	0.99	0.95	0.99
	F1-Score	0.89	0.94	0.91	0.96	0.96	0.97	0.98
S.D.	Precision	0.03	0.04	0.04	0.02	0.06	0.02	0.02
	Recall	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02
	F1-Score	0.02	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01

ตารางที่ ข.16 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึก
สอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.91	0.91	0.94	0.93	0.92	0.89
	Recall	1.00	0.91	0.91	0.94	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.91	0.91	0.94	0.95	0.96	0.92
2	Precision	1.00	0.89	0.95	0.90	0.92	0.92	0.96
	Recall	0.94	0.97	0.91	0.85	0.86	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.93	0.93	0.88	0.89	0.96	0.94
3	Precision	1.00	0.96	0.95	0.81	0.93	0.88	0.88
	Recall	0.94	0.79	0.91	0.91	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.87	0.93	0.86	0.95	0.94	0.90
4	Precision	1.00	1.00	1.00	0.87	0.97	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.85	0.96	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.92	0.98	0.93	0.98	0.96	0.94
5	Precision	1.00	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.96
	Recall	0.94	0.97	0.96	0.97	0.93	0.95	0.96
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.96	0.93	0.93	0.96

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	0.94	0.97	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.97	0.96	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.96	0.98	0.96	0.96
น้อยที่สุด	Precision	1.00	0.89	0.91	0.81	0.92	0.88	0.88
	Recall	0.94	0.79	0.91	0.85	0.86	0.95	0.92
	F1-Score	0.97	0.87	0.91	0.86	0.89	0.93	0.90
เฉลี่ย	Precision	1.00	0.95	0.95	0.89	0.94	0.91	0.93
	Recall	0.96	0.90	0.93	0.93	0.94	0.99	0.94
	F1-Score	0.98	0.92	0.94	0.91	0.94	0.95	0.93
S.D.	Precision	0.00	0.05	0.03	0.05	0.02	0.02	0.04
	Recall	0.03	0.08	0.03	0.06	0.05	0.02	0.02
	F1-Score	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.01	0.02

จากตารางที่ ข.16 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์และปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอม ปิดทีวีและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.17 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.93	0.97	0.76	0.98	0.96	1.00	0.96
	Recall	0.72	0.94	0.95	0.94	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	0.81	0.96	0.84	0.96	0.96	1.00	0.96

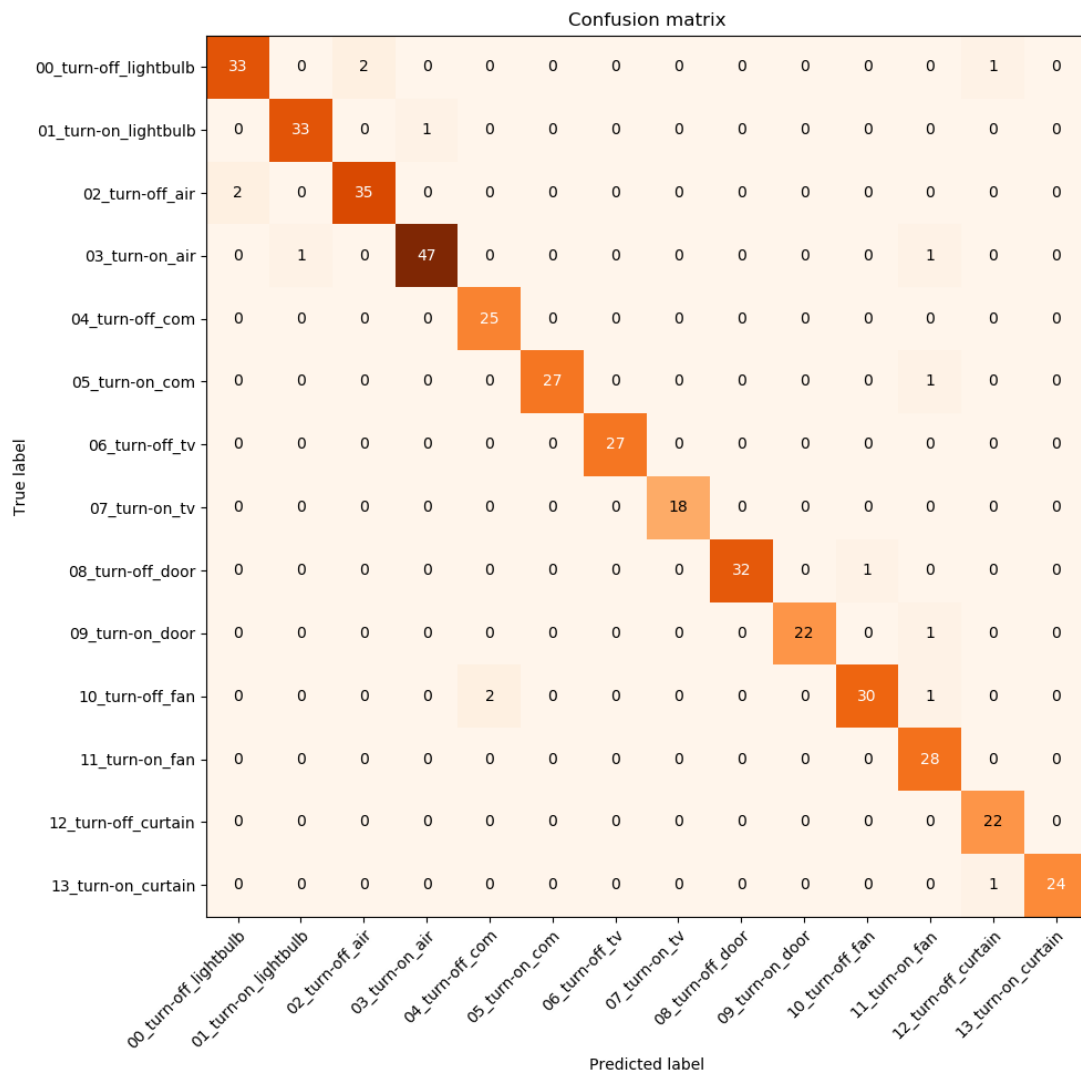
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
2	Precision	0.94	0.89	0.92	0.98	0.93	1.00	0.96
	Recall	0.83	0.91	0.89	0.96	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.88	0.90	0.90	0.97	0.96	1.00	0.98
3	Precision	0.94	0.94	0.92	0.98	0.96	1.00	1.00
	Recall	0.89	0.97	0.92	0.92	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.91	0.96	0.92	0.95	0.98	0.96	1.00
4	Precision	0.97	0.94	0.89	0.96	0.96	1.00	1.00
	Recall	0.92	0.97	0.92	0.94	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.94	0.96	0.91	0.95	0.98	0.96	1.00
5	Precision	0.94	0.94	0.89	0.98	0.96	0.96	0.96
	Recall	0.94	1.00	0.92	0.98	1.00	0.96	0.96
	F1-Score	0.94	0.97	0.91	0.98	0.98	0.96	0.96
มากที่สุด	Precision	0.97	0.97	0.92	0.98	0.96	1.00	1.00
	Recall	0.94	1.00	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.94	0.97	0.92	0.98	0.98	1.00	1.00
น้อยที่สุด	Precision	0.93	0.89	0.76	0.96	0.93	0.96	0.96
	Recall	0.72	0.91	0.89	0.92	0.96	0.93	0.96
	F1-Score	0.81	0.90	0.84	0.95	0.96	0.96	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.94	0.88	0.98	0.95	0.99	0.98
	Recall	0.86	0.96	0.92	0.95	0.99	0.96	0.98
	F1-Score	0.90	0.95	0.90	0.96	0.97	0.98	0.98
S.D.	Precision	0.02	0.03	0.07	0.01	0.01	0.02	0.02
	Recall	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02
	F1-Score	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02

ตารางที่ ข.17 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
 โครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ใน
 ชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

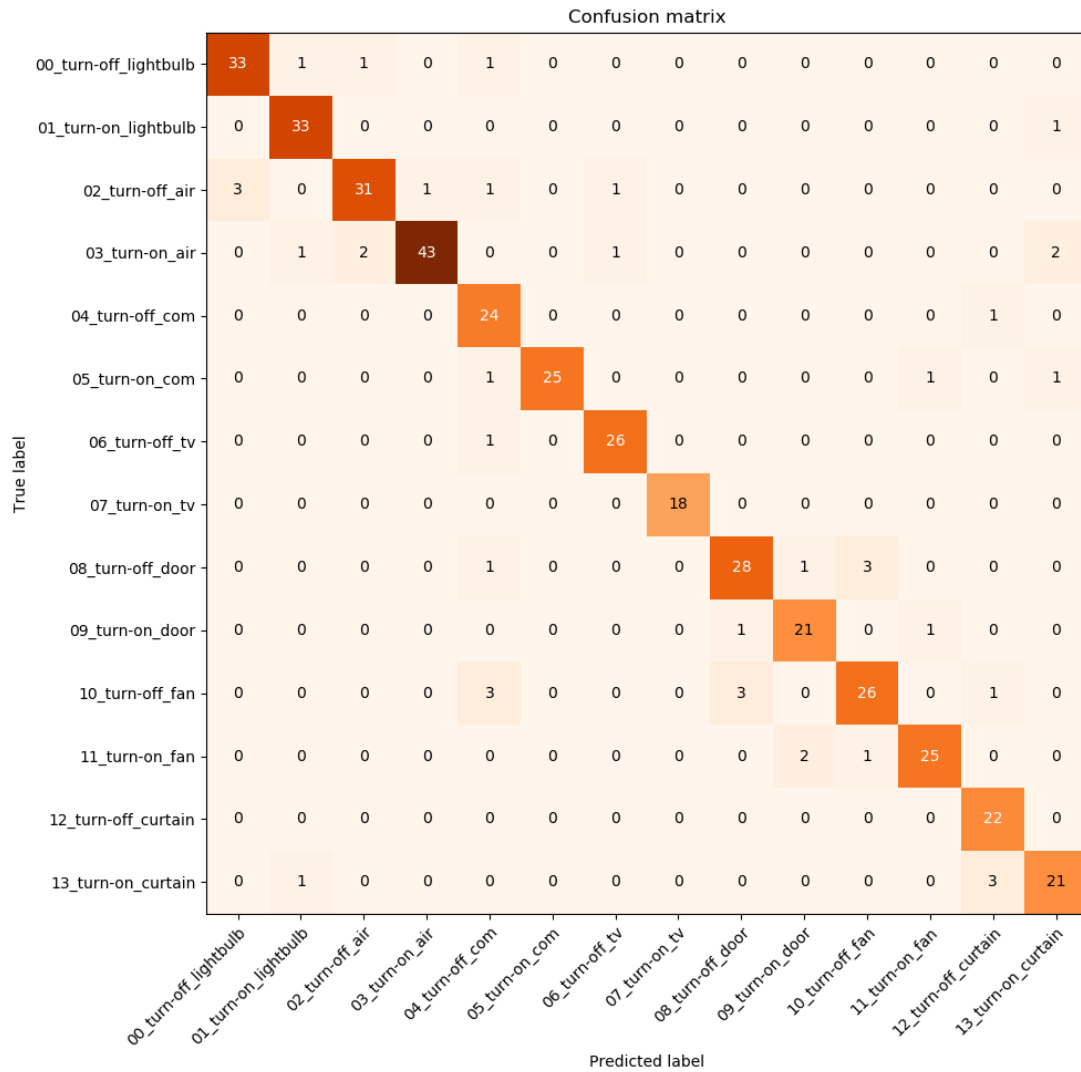
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.91	1.00	0.91	0.93	0.81	0.91
	Recall	0.94	0.97	0.91	0.94	0.93	0.95	0.84
	F1-Score	0.97	0.94	0.95	0.93	0.93	0.88	0.87
2	Precision	1.00	0.94	0.96	1.00	0.97	0.85	0.85
	Recall	0.94	0.94	0.96	0.91	1.00	1.00	0.88
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.95	0.98	0.92	0.86
3	Precision	1.00	0.97	0.81	1.00	0.87	0.92	0.88
	Recall	1.00	0.85	0.96	0.97	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.90	0.88	0.98	0.92	0.96	0.90
4	Precision	1.00	0.85	1.00	0.97	0.90	0.88	1.00
	Recall	1.00	1.00	0.83	0.88	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.92	0.90	0.92	0.93	0.94	0.96
5	Precision	1.00	0.89	0.96	0.93	1.00	0.81	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.76	0.89	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.91	0.96	0.83	0.94	0.90	0.96
มาก สุด	Precision	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.94	0.96	0.98	0.98	0.96	0.96
น้อย สุด	Precision	1.00	0.85	0.81	0.91	0.87	0.81	0.85
	Recall	0.94	0.85	0.83	0.76	0.89	0.95	0.84
	F1-Score	0.97	0.90	0.88	0.83	0.92	0.88	0.86
เฉลี่ย	Precision	1.00	0.91	0.95	0.96	0.93	0.85	0.93
	Recall	0.98	0.94	0.92	0.89	0.95	0.99	0.90
	F1-Score	0.99	0.92	0.93	0.92	0.94	0.92	0.91
S.D.	Precision	0.00	0.05	0.08	0.04	0.05	0.05	0.07
	Recall	0.03	0.06	0.06	0.08	0.04	0.02	0.04
	F1-Score	0.02	0.02	0.04	0.06	0.02	0.03	0.05

จากตารางที่ ข.17 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า

Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดไฟและปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี



รูปที่ ข.5 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ ข.6 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ตารางที่ ข.18 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล
ฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.72	0.71	0.98	0.94	0.93	0.88	0.89
	Recall	0.94	0.96	0.91	0.96	0.91	0.76	1.00
	F1-Score	0.81	0.82	0.95	0.95	0.92	0.81	0.94
2	Precision	0.85	0.77	1.00	0.92	0.78	0.83	0.98
	Recall	0.90	0.98	0.94	0.98	0.91	0.76	0.95
	F1-Score	0.87	0.86	0.97	0.95	0.84	0.80	0.96
3	Precision	0.76	0.74	0.85	0.84	0.95	0.85	0.82
	Recall	0.90	0.96	0.98	0.91	0.81	0.85	0.95
	F1-Score	0.82	0.83	0.91	0.88	0.87	0.85	0.88
4	Precision	0.84	0.75	0.96	0.91	0.84	0.88	0.95
	Recall	0.84	0.96	0.98	0.89	0.81	0.76	0.95
	F1-Score	0.84	0.84	0.97	0.90	0.83	0.81	0.95
5	Precision	0.91	0.73	0.90	0.84	0.87	0.95	0.98
	Recall	0.84	1.00	0.96	0.89	0.85	0.85	0.95
	F1-Score	0.87	0.85	0.93	0.87	0.86	0.90	0.96
มาก สุด	Precision	0.91	0.77	1.00	0.94	0.95	0.95	0.98
	Recall	0.94	1.00	0.98	0.98	0.91	0.85	1.00
	F1-Score	0.87	0.86	0.97	0.95	0.92	0.90	0.96
น้อย สุด	Precision	0.72	0.71	0.85	0.84	0.78	0.83	0.82
	Recall	0.84	0.96	0.91	0.89	0.81	0.76	0.95
	F1-Score	0.81	0.82	0.91	0.87	0.83	0.80	0.88
เฉลี่ย	Precision	0.82	0.74	0.94	0.89	0.87	0.88	0.92
	Recall	0.88	0.97	0.95	0.93	0.86	0.80	0.96
	F1-Score	0.84	0.84	0.95	0.91	0.86	0.83	0.94
S.D.	Precision	0.08	0.02	0.06	0.05	0.07	0.05	0.07
	Recall	0.04	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.02
	F1-Score	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03

ตารางที่ ข.18 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล
ฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.87	0.70	0.97	0.73	0.94	0.92
	Recall	0.98	0.70	0.93	0.71	0.88	0.44	0.66
	F1-Score	0.99	0.78	0.80	0.82	0.80	0.60	0.77
2	Precision	0.96	0.83	0.92	0.86	0.70	1.00	0.96
	Recall	0.96	0.85	0.83	0.74	0.88	0.61	0.77
	F1-Score	0.96	0.84	0.88	0.79	0.78	0.76	0.86
3	Precision	1.00	0.74	0.96	0.63	0.73	0.96	0.96
	Recall	0.74	0.66	0.57	0.81	0.83	0.72	0.71
	F1-Score	0.85	0.70	0.72	0.71	0.78	0.83	0.82
4	Precision	0.96	0.63	0.95	0.75	0.78	0.90	0.72
	Recall	0.93	0.85	0.45	0.79	0.83	0.72	0.80
	F1-Score	0.95	0.73	0.61	0.77	0.80	0.80	0.76
5	Precision	1.00	0.95	0.74	0.89	0.65	0.95	0.90
	Recall	0.91	0.85	0.95	0.74	0.81	0.58	0.80
	F1-Score	0.95	0.90	0.83	0.81	0.72	0.72	0.85
มาก สุด	Precision	1.00	0.95	0.96	0.97	0.78	1.00	0.96
	Recall	0.98	0.85	0.95	0.81	0.88	0.72	0.80
	F1-Score	0.99	0.90	0.88	0.82	0.80	0.83	0.86
น้อย สุด	Precision	0.96	0.63	0.70	0.63	0.65	0.90	0.72
	Recall	0.74	0.66	0.45	0.71	0.81	0.44	0.66
	F1-Score	0.85	0.70	0.61	0.71	0.72	0.60	0.76
เฉลี่ย	Precision	0.98	0.80	0.85	0.82	0.72	0.95	0.89
	Recall	0.90	0.78	0.75	0.76	0.85	0.61	0.75
	F1-Score	0.94	0.79	0.77	0.78	0.78	0.74	0.81
S.D.	Precision	0.02	0.12	0.12	0.13	0.05	0.04	0.10
	Recall	0.10	0.09	0.22	0.04	0.03	0.12	0.06
	F1-Score	0.05	0.08	0.11	0.04	0.03	0.09	0.05

จากตารางที่ ข.18 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดแอร์ได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.19 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

โครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.67	0.73	0.94	0.91	0.80	0.95	0.98
	Recall	0.92	0.98	0.96	0.89	0.94	0.78	1.00
	F1-Score	0.78	0.84	0.95	0.90	0.86	0.86	0.99
2	Precision	0.86	0.90	0.76	0.77	0.87	0.84	0.98
	Recall	0.90	0.94	1.00	0.87	0.85	0.67	1.00
	F1-Score	0.88	0.92	0.86	0.82	0.86	0.75	0.99
3	Precision	0.67	0.75	0.85	0.82	0.93	0.95	0.81
	Recall	0.96	1.00	0.94	0.79	0.85	0.80	0.93
	F1-Score	0.79	0.85	0.89	0.80	0.89	0.87	0.87
4	Precision	0.83	0.79	0.94	0.88	0.87	0.90	0.93
	Recall	0.71	0.96	0.98	0.94	0.96	0.78	0.98
	F1-Score	0.77	0.87	0.96	0.91	0.91	0.84	0.95
5	Precision	0.84	0.81	0.85	0.95	0.77	0.91	0.95
	Recall	0.84	0.98	0.96	0.87	0.98	0.87	1.00
	F1-Score	0.84	0.88	0.90	0.91	0.86	0.89	0.98
มากที่สุด	Precision	0.86	0.90	0.94	0.95	0.93	0.95	0.98
	Recall	0.96	1.00	1.00	0.94	0.98	0.87	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.88	0.92	0.96	0.91	0.91	0.89	0.99
น้อย สุด	Precision	0.67	0.73	0.76	0.77	0.77	0.84	0.81
	Recall	0.71	0.94	0.94	0.79	0.85	0.67	0.93
	F1-Score	0.77	0.84	0.86	0.80	0.86	0.75	0.87
เฉลี่ย	Precision	0.77	0.80	0.87	0.87	0.85	0.91	0.93
	Recall	0.87	0.97	0.97	0.87	0.92	0.78	0.98
	F1-Score	0.81	0.87	0.91	0.87	0.88	0.84	0.96
S.D.	Precision	0.10	0.07	0.08	0.07	0.06	0.05	0.07
	Recall	0.10	0.02	0.02	0.05	0.06	0.07	0.03
	F1-Score	0.05	0.03	0.04	0.05	0.02	0.05	0.05

ตารางที่ ข.19 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล
ฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.90	1.00	0.67	0.67	1.00	0.95
	Recall	0.91	0.81	0.76	0.74	0.83	0.53	0.60
	F1-Score	0.95	0.85	0.86	0.70	0.74	0.69	0.74
2	Precision	1.00	0.81	0.78	0.69	0.76	0.95	1.00
	Recall	0.91	0.91	0.93	0.74	0.69	0.50	0.77
	F1-Score	0.95	0.86	0.85	0.71	0.72	0.65	0.87
3	Precision	0.98	0.81	0.84	0.87	0.88	0.91	0.78
	Recall	0.85	0.94	0.98	0.64	0.67	0.56	0.60
	F1-Score	0.91	0.87	0.90	0.74	0.76	0.69	0.68
4	Precision	0.98	0.97	1.00	0.74	0.65	0.87	0.89
	Recall	0.89	0.74	0.76	0.88	0.86	0.72	0.91
	F1-Score	0.93	0.84	0.86	0.80	0.74	0.79	0.90
5	Precision	1.00	0.95	1.00	0.64	0.76	0.96	0.97
	Recall	1.00	0.74	0.88	0.67	0.83	0.69	0.80

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	1.00	0.83	0.94	0.65	0.80	0.81	0.88
มากที่สุด	Precision	1.00	0.97	1.00	0.87	0.88	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.98	0.88	0.86	0.72	0.91
	F1-Score	1.00	0.87	0.94	0.80	0.80	0.81	0.90
น้อยที่สุด	Precision	0.98	0.81	0.78	0.64	0.65	0.87	0.78
	Recall	0.85	0.74	0.76	0.64	0.67	0.50	0.60
	F1-Score	0.91	0.83	0.85	0.65	0.72	0.65	0.68
เฉลี่ย	Precision	0.99	0.89	0.92	0.72	0.74	0.94	0.92
	Recall	0.91	0.83	0.86	0.73	0.78	0.60	0.74
	F1-Score	0.95	0.85	0.88	0.72	0.75	0.73	0.81
S.D.	Precision	0.01	0.08	0.11	0.09	0.09	0.05	0.09
	Recall	0.05	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.13
	F1-Score	0.03	0.02	0.04	0.06	0.03	0.07	0.10

จากตารางที่ ข.19 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดพัดลมและปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.20 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

โครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.91	0.80	0.78	0.95	0.82	0.83	0.89
	Recall	0.84	1.00	0.96	0.87	0.68	0.87	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.87	0.89	0.86	0.91	0.74	0.85	0.94
2	Precision	0.77	0.84	0.91	0.90	0.79	0.78	0.70
	Recall	0.88	0.89	0.89	0.94	0.72	0.85	1.00
	F1-Score	0.82	0.87	0.90	0.92	0.76	0.81	0.82
3	Precision	0.77	0.80	0.81	0.82	0.65	0.81	0.97
	Recall	0.90	0.94	0.98	0.96	0.68	0.63	0.86
	F1-Score	0.83	0.86	0.88	0.88	0.67	0.71	0.91
4	Precision	0.92	0.79	0.72	0.85	0.81	0.92	0.95
	Recall	0.76	0.98	1.00	0.96	0.94	0.74	0.98
	F1-Score	0.83	0.88	0.84	0.90	0.87	0.82	0.96
5	Precision	0.81	0.85	0.88	0.93	0.73	0.92	0.65
	Recall	0.90	0.96	0.94	0.87	0.91	0.74	1.00
	F1-Score	0.85	0.90	0.91	0.90	0.81	0.82	0.79
มากที่สุด	Precision	0.92	0.85	0.91	0.95	0.82	0.92	0.97
	Recall	0.90	1.00	1.00	0.96	0.94	0.87	1.00
	F1-Score	0.87	0.90	0.91	0.92	0.87	0.85	0.96
น้อยที่สุด	Precision	0.77	0.79	0.72	0.82	0.65	0.78	0.65
	Recall	0.76	0.89	0.89	0.87	0.68	0.63	0.86
	F1-Score	0.82	0.86	0.84	0.88	0.67	0.71	0.79
เฉลี่ย	Precision	0.84	0.82	0.82	0.89	0.76	0.85	0.83
	Recall	0.86	0.95	0.95	0.92	0.79	0.77	0.97
	F1-Score	0.84	0.88	0.88	0.90	0.77	0.80	0.88
S.D.	Precision	0.07	0.03	0.08	0.05	0.07	0.06	0.15
	Recall	0.06	0.04	0.04	0.05	0.13	0.10	0.06
	F1-Score	0.02	0.02	0.03	0.01	0.08	0.05	0.08

ตารางที่ ข.20 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุด
ข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.88	0.87	0.76	0.83	1.00	0.86
	Recall	0.98	0.91	0.98	0.74	0.69	0.67	0.86
	F1-Score	0.99	0.90	0.92	0.75	0.75	0.80	0.86
2	Precision	1.00	0.83	0.79	0.92	0.80	0.80	0.88
	Recall	0.93	0.81	0.90	0.55	0.76	0.56	0.86
	F1-Score	0.97	0.82	0.84	0.69	0.78	0.66	0.87
3	Precision	0.93	0.76	0.82	0.77	0.84	0.83	0.55
	Recall	0.85	0.83	0.76	0.48	0.62	0.56	0.89
	F1-Score	0.89	0.80	0.79	0.59	0.71	0.67	0.68
4	Precision	1.00	0.84	0.92	0.75	0.65	1.00	0.85
	Recall	0.87	0.79	0.79	0.64	0.83	0.58	0.83
	F1-Score	0.93	0.81	0.85	0.69	0.73	0.74	0.84
5	Precision	1.00	0.74	0.94	0.47	0.85	0.85	0.81
	Recall	0.63	0.79	0.71	0.60	0.55	0.61	0.83
	F1-Score	0.77	0.76	0.81	0.53	0.67	0.71	0.82
มาก สุด	Precision	1.00	0.88	0.94	0.92	0.85	1.00	0.88
	Recall	0.98	0.91	0.98	0.74	0.83	0.67	0.89
	F1-Score	0.99	0.90	0.92	0.75	0.78	0.80	0.87
น้อย สุด	Precision	0.93	0.74	0.79	0.47	0.65	0.80	0.55
	Recall	0.63	0.79	0.71	0.48	0.55	0.56	0.83
	F1-Score	0.77	0.76	0.79	0.53	0.67	0.66	0.68
เฉลี่ย	Precision	0.99	0.81	0.87	0.73	0.79	0.90	0.79
	Recall	0.85	0.83	0.83	0.60	0.69	0.60	0.85
	F1-Score	0.91	0.82	0.84	0.65	0.73	0.72	0.81
S.D.	Precision	0.03	0.06	0.06	0.16	0.08	0.10	0.14
	Recall	0.13	0.05	0.11	0.10	0.11	0.05	0.03
	F1-Score	0.09	0.05	0.05	0.09	0.04	0.06	0.08

จากตารางที่ ข.20 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Percision เฉลี่ย

มากที่สุดและเสียงพูดปิดพัคคมีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดที่วามีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัคคและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดที่วามีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัคคมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดที่วได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดพัคค เปิดพัคคและปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.21 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

โครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.92	0.79	0.63	0.87	0.80	0.97	0.95
	Recall	0.90	0.96	1.00	1.00	0.87	0.80	1.00
	F1-Score	0.91	0.87	0.77	0.93	0.84	0.88	0.98
2	Precision	0.79	0.79	0.85	0.77	0.72	0.83	0.97
	Recall	0.94	0.87	1.00	0.87	0.91	0.74	0.90
	F1-Score	0.86	0.83	0.92	0.82	0.80	0.78	0.94
3	Precision	0.88	0.85	0.90	0.88	0.69	1.00	0.91
	Recall	0.88	1.00	0.98	0.96	0.96	0.76	0.98
	F1-Score	0.88	0.92	0.94	0.92	0.80	0.86	0.94
4	Precision	0.85	0.73	0.96	0.88	0.98	0.92	0.97
	Recall	0.82	1.00	0.94	0.94	0.85	0.78	0.90
	F1-Score	0.83	0.85	0.95	0.91	0.91	0.85	0.94
5	Precision	0.94	0.78	0.78	1.00	0.92	1.00	0.87
	Recall	0.90	1.00	0.98	0.91	0.96	0.83	0.98
	F1-Score	0.92	0.88	0.87	0.96	0.94	0.90	0.92
มากที่สุด	Precision	0.94	0.85	0.96	1.00	0.98	1.00	0.97
	Recall	0.94	1.00	1.00	1.00	0.96	0.83	1.00
	F1-Score	0.92	0.92	0.95	0.96	0.94	0.90	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.79	0.73	0.63	0.77	0.69	0.83	0.87
	Recall	0.82	0.87	0.94	0.87	0.85	0.74	0.90

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.83	0.83	0.77	0.82	0.80	0.78	0.92
เฉลี่ย	Precision	0.88	0.79	0.82	0.88	0.82	0.94	0.93
	Recall	0.89	0.97	0.98	0.94	0.91	0.78	0.95
	F1-Score	0.88	0.87	0.89	0.91	0.86	0.85	0.94
S.D.	Precision	0.06	0.04	0.13	0.08	0.13	0.07	0.04
	Recall	0.04	0.06	0.02	0.05	0.05	0.03	0.05
	F1-Score	0.04	0.03	0.07	0.05	0.06	0.05	0.02

ตารางที่ ข.21 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุด
ข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.82	0.79	0.87	0.96	0.88	0.75
	Recall	0.96	0.77	0.88	0.62	0.57	0.64	0.69
	F1-Score	0.98	0.79	0.83	0.72	0.72	0.74	0.72
2	Precision	0.98	0.71	0.82	0.82	0.79	0.96	0.96
	Recall	0.87	0.85	0.76	0.74	0.64	0.64	0.69
	F1-Score	0.92	0.78	0.79	0.78	0.71	0.77	0.80
3	Precision	1.00	0.89	1.00	0.54	0.72	0.80	0.89
	Recall	0.87	0.68	0.71	0.62	0.67	0.78	0.91
	F1-Score	0.93	0.77	0.83	0.58	0.69	0.79	0.90
4	Precision	0.98	0.85	0.97	0.64	0.67	0.96	0.75
	Recall	0.91	0.74	0.71	0.93	0.79	0.64	0.86
	F1-Score	0.94	0.80	0.82	0.76	0.73	0.77	0.80
5	Precision	1.00	0.81	0.95	0.77	0.84	0.85	0.86
	Recall	0.87	0.94	0.88	0.86	0.74	0.64	0.69
	F1-Score	0.93	0.87	0.91	0.81	0.78	0.73	0.76
มากที่สุด	Precision	1.00	0.89	1.00	0.87	0.96	0.96	0.96
	Recall	0.96	0.94	0.88	0.93	0.79	0.78	0.91

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.98	0.87	0.91	0.81	0.78	0.79	0.90
น้อย สุด	Precision	0.98	0.71	0.79	0.54	0.67	0.80	0.75
	Recall	0.87	0.68	0.71	0.62	0.57	0.64	0.69
	F1-Score	0.92	0.77	0.79	0.58	0.69	0.73	0.72
เฉลี่ย	Precision	0.99	0.82	0.91	0.73	0.80	0.89	0.84
	Recall	0.90	0.80	0.79	0.75	0.68	0.67	0.77
	F1-Score	0.94	0.80	0.84	0.73	0.73	0.76	0.80
S.D.	Precision	0.01	0.07	0.09	0.14	0.11	0.07	0.09
	Recall	0.04	0.10	0.09	0.14	0.09	0.06	0.11
	F1-Score	0.02	0.04	0.04	0.09	0.03	0.02	0.07

จากตารางที่ ข.21 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมและเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดพัดลมและเปิดพัดลมที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.22 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุด
ข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.89	0.94	0.71	0.92	0.95	0.86	0.82
	Recall	0.96	0.96	1.00	0.96	0.85	0.67	0.98
	F1-Score	0.92	0.95	0.83	0.94	0.90	0.76	0.89
2	Precision	0.92	0.72	0.98	0.88	0.68	0.83	0.89
	Recall	0.90	0.94	0.94	0.94	0.94	0.83	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.91	0.81	0.96	0.91	0.79	0.83	0.94
3	Precision	0.85	0.64	0.94	0.94	0.91	0.77	0.97
	Recall	0.84	0.96	0.98	0.94	0.87	0.52	0.86
	F1-Score	0.85	0.77	0.96	0.94	0.89	0.62	0.91
4	Precision	0.80	0.84	0.90	0.86	0.95	1.00	0.74
	Recall	0.98	1.00	0.98	0.94	0.89	0.74	1.00
	F1-Score	0.88	0.91	0.94	0.90	0.92	0.85	0.85
5	Precision	0.75	0.66	0.94	0.82	0.87	0.98	0.98
	Recall	0.86	0.98	0.98	1.00	1.00	0.87	0.98
	F1-Score	0.80	0.79	0.96	0.90	0.93	0.92	0.98
มากที่สุด	Precision	0.92	0.94	0.98	0.94	0.95	1.00	0.98
	Recall	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	1.00
	F1-Score	0.92	0.95	0.96	0.94	0.93	0.92	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.75	0.64	0.71	0.82	0.68	0.77	0.74
	Recall	0.84	0.94	0.94	0.94	0.85	0.52	0.86
	F1-Score	0.80	0.77	0.83	0.90	0.79	0.62	0.85
เฉลี่ย	Precision	0.84	0.76	0.89	0.88	0.87	0.89	0.88
	Recall	0.91	0.97	0.98	0.96	0.91	0.73	0.96
	F1-Score	0.87	0.85	0.93	0.92	0.89	0.80	0.91
S.D.	Precision	0.07	0.13	0.11	0.05	0.11	0.10	0.10
	Recall	0.06	0.02	0.02	0.03	0.06	0.14	0.06
	F1-Score	0.05	0.08	0.06	0.02	0.06	0.11	0.05

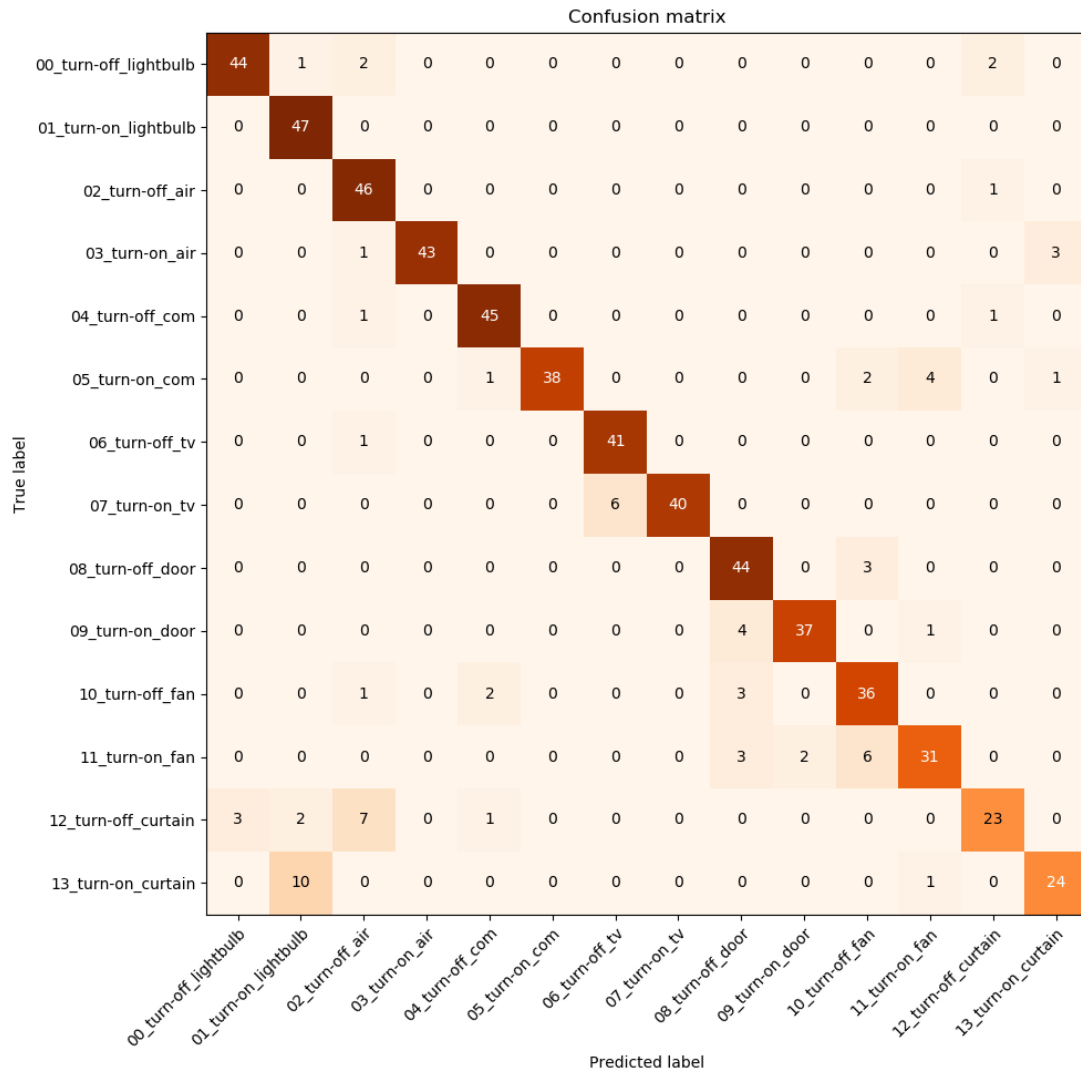
ตารางที่ ข.22 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน
โครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ใน
ชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.70	1.00	0.57	0.71	0.91	1.00
	Recall	0.89	0.83	0.60	0.76	0.69	0.58	0.83

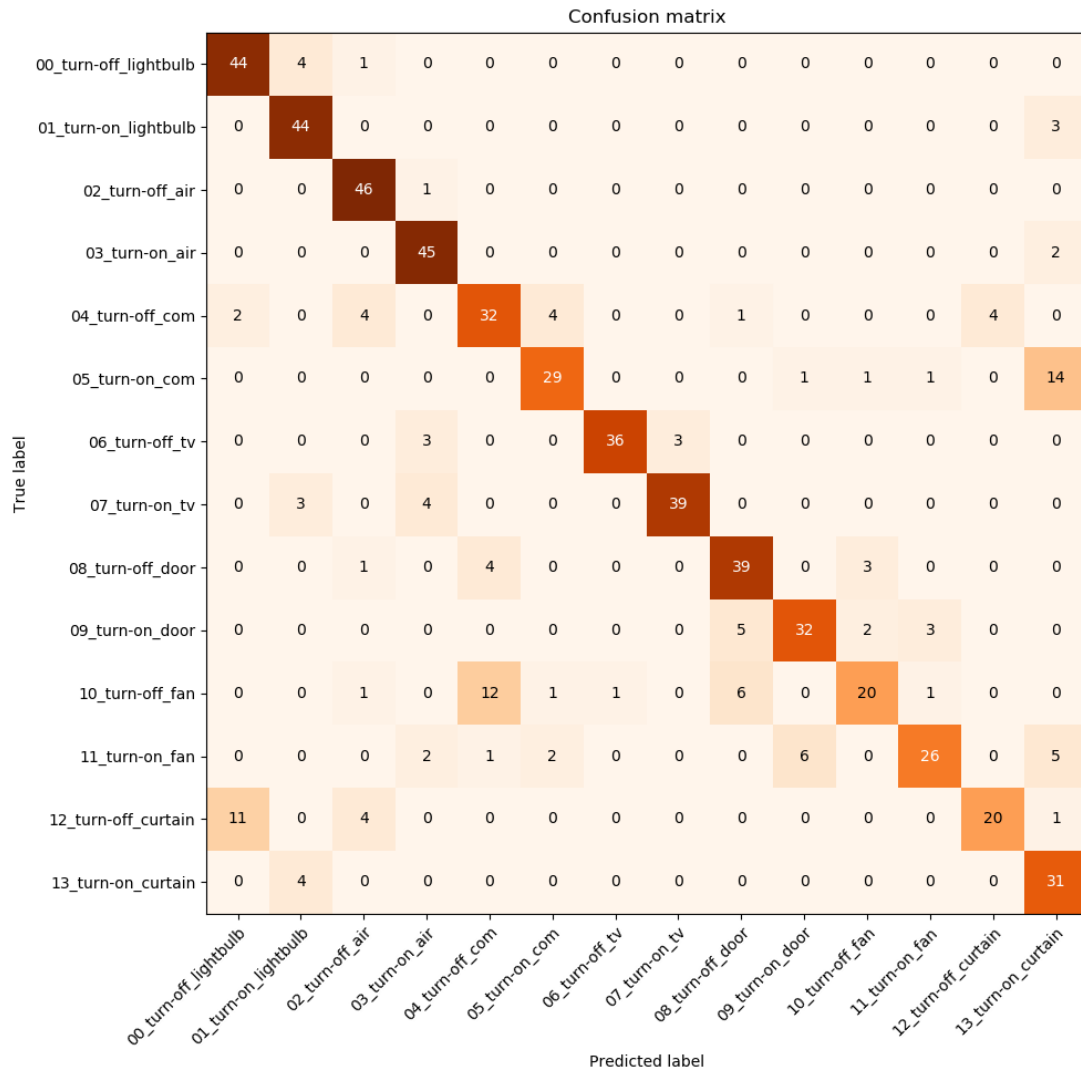
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.94	0.76	0.75	0.65	0.70	0.71	0.91
2	Precision	1.00	0.78	0.91	0.76	0.79	0.96	0.77
	Recall	0.89	0.77	0.76	0.52	0.74	0.75	0.77
	F1-Score	0.94	0.77	0.83	0.62	0.77	0.84	0.77
3	Precision	0.89	0.96	0.66	0.80	0.50	0.96	0.84
	Recall	0.89	0.57	0.74	0.79	0.93	0.61	0.60
	F1-Score	0.89	0.72	0.70	0.80	0.65	0.75	0.70
4	Precision	1.00	0.65	0.94	0.66	0.75	0.86	0.86
	Recall	0.76	0.85	0.69	0.60	0.57	0.83	0.71
	F1-Score	0.86	0.73	0.79	0.62	0.65	0.85	0.78
5	Precision	0.98	0.81	0.85	0.96	0.76	0.82	1.00
	Recall	0.85	0.91	0.81	0.57	0.67	0.64	0.66
	F1-Score	0.91	0.86	0.83	0.72	0.71	0.72	0.79
มากที่สุด	Precision	1.00	0.96	1.00	0.96	0.79	0.96	1.00
	Recall	0.89	0.91	0.81	0.79	0.93	0.83	0.83
	F1-Score	0.94	0.86	0.83	0.80	0.77	0.85	0.91
น้อยที่สุด	Precision	0.89	0.65	0.66	0.57	0.50	0.82	0.77
	Recall	0.76	0.57	0.60	0.52	0.57	0.58	0.60
	F1-Score	0.86	0.72	0.70	0.62	0.65	0.71	0.70
เฉลี่ย	Precision	0.97	0.78	0.87	0.75	0.70	0.90	0.89
	Recall	0.86	0.79	0.72	0.65	0.72	0.68	0.71
	F1-Score	0.91	0.77	0.78	0.68	0.70	0.77	0.79
S.D.	Precision	0.05	0.12	0.13	0.15	0.12	0.06	0.10
	Recall	0.06	0.13	0.08	0.12	0.13	0.10	0.09
	F1-Score	0.03	0.06	0.06	0.08	0.05	0.07	0.08

จากตารางที่ ข.22 โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ F1-Score เสียงพูด

ปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดแอร์ได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดพัดลมและเปิดพัดลมที่ค่อนข้างต่ำ



รูปที่ ข.7 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 512x256x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ ข.8 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโครงสร้าง 1024x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ตารางที่ ข.23 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด
เซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์
เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.76	0.83	0.91	0.92	0.93	0.90	0.85
	Recall	0.97	0.88	0.81	0.71	1.00	0.93	0.85
	F1-Score	0.85	0.86	0.86	0.80	0.96	0.91	0.85
2	Precision	0.94	0.91	0.88	1.00	0.83	0.96	0.96
	Recall	0.89	0.91	0.95	0.82	1.00	0.79	0.85
	F1-Score	0.91	0.91	0.91	0.90	0.91	0.86	0.90
3	Precision	0.95	0.97	0.75	0.98	0.96	0.93	0.89
	Recall	0.97	0.94	0.89	0.86	0.92	0.93	0.89
	F1-Score	0.96	0.96	0.81	0.91	0.94	0.93	0.89
4	Precision	0.87	0.88	0.94	1.00	0.86	0.89	0.93
	Recall	0.94	0.82	0.78	0.78	0.96	0.86	0.93
	F1-Score	0.91	0.85	0.85	0.87	0.91	0.87	0.93
5	Precision	0.92	0.97	0.87	1.00	0.93	0.96	0.93
	Recall	0.92	0.91	0.92	0.78	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.92	0.94	0.89	0.87	0.96	0.95	0.95
มาก สุด	Precision	0.95	0.97	0.94	1.00	0.96	0.96	0.96
	Recall	0.97	0.94	0.95	0.86	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.96	0.96	0.91	0.91	0.96	0.95	0.95
น้อย สุด	Precision	0.76	0.83	0.75	0.92	0.83	0.89	0.85
	Recall	0.89	0.82	0.78	0.71	0.92	0.79	0.85
	F1-Score	0.85	0.85	0.81	0.80	0.91	0.86	0.85
เฉลี่ย	Precision	0.89	0.91	0.87	0.98	0.90	0.93	0.91
	Recall	0.94	0.89	0.87	0.79	0.98	0.89	0.90
	F1-Score	0.91	0.90	0.86	0.87	0.94	0.90	0.90
S.D.	Precision	0.08	0.06	0.07	0.03	0.05	0.03	0.04
	Recall	0.03	0.05	0.07	0.06	0.04	0.06	0.05
	F1-Score	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04

ตารางที่ ข.23 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว
ขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่มีหูอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คน
ละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.89	1.00	0.84	0.97	0.84	0.89	0.75
	Recall	0.94	0.88	0.91	0.91	0.93	0.77	0.84
	F1-Score	0.92	0.94	0.87	0.94	0.88	0.83	0.79
2	Precision	0.74	0.94	0.87	0.94	0.92	0.76	0.85
	Recall	0.94	0.94	0.87	0.94	0.86	1.00	0.88
	F1-Score	0.83	0.94	0.87	0.94	0.89	0.86	0.86
3	Precision	0.80	1.00	0.92	0.91	0.89	0.88	0.90
	Recall	0.89	0.97	0.96	0.91	0.89	0.95	0.76
	F1-Score	0.84	0.98	0.94	0.91	0.89	0.91	0.83
4	Precision	0.81	0.91	0.91	0.97	0.86	0.81	0.69
	Recall	0.94	0.97	0.87	0.88	0.89	1.00	0.88
	F1-Score	0.87	0.94	0.89	0.92	0.88	0.90	0.77
5	Precision	0.89	1.00	0.88	0.89	1.00	0.69	0.83
	Recall	0.94	0.91	0.96	1.00	0.86	1.00	0.80
	F1-Score	0.92	0.95	0.92	0.94	0.92	0.81	0.82
มาก สุด	Precision	0.89	1.00	0.92	0.97	1.00	0.89	0.90
	Recall	0.94	0.97	0.96	1.00	0.93	1.00	0.88
	F1-Score	0.92	0.98	0.94	0.94	0.92	0.91	0.86
น้อย สุด	Precision	0.74	0.91	0.84	0.89	0.84	0.69	0.69
	Recall	0.89	0.88	0.87	0.88	0.86	0.77	0.76
	F1-Score	0.83	0.94	0.87	0.91	0.88	0.81	0.77
เฉลี่ย	Precision	0.83	0.97	0.88	0.94	0.90	0.81	0.80
	Recall	0.93	0.93	0.91	0.93	0.89	0.94	0.83
	F1-Score	0.88	0.95	0.90	0.93	0.89	0.86	0.81
S.D.	Precision	0.06	0.04	0.03	0.04	0.06	0.08	0.08
	Recall	0.02	0.04	0.05	0.05	0.03	0.10	0.05
	F1-Score	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.04

จากตารางที่ ข.23 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่า โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดประตูได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.24 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.94	0.97	0.83	1.00	0.88	0.86	0.96
	Recall	0.92	0.97	0.92	0.90	0.92	0.86	0.96
	F1-Score	0.93	0.97	0.87	0.95	0.90	0.86	0.96
2	Precision	0.89	0.94	0.97	0.94	0.89	0.85	1.00
	Recall	0.94	0.88	0.86	0.90	1.00	0.82	1.00
	F1-Score	0.92	0.91	0.91	0.92	0.94	0.84	1.00
3	Precision	0.88	0.97	0.90	0.96	0.96	0.93	0.87
	Recall	0.97	0.91	0.95	0.88	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.92	0.94	0.92	0.91	0.98	0.91	0.91
4	Precision	0.88	0.94	0.94	0.98	0.86	0.90	0.79
	Recall	0.97	0.85	0.81	0.92	0.96	0.93	0.96
	F1-Score	0.92	0.89	0.87	0.95	0.91	0.91	0.87
5	Precision	0.90	0.93	0.89	0.88	0.89	0.83	0.89
	Recall	1.00	0.82	0.86	0.92	0.96	0.89	0.93
	F1-Score	0.95	0.87	0.88	0.90	0.92	0.86	0.91
มากที่สุด	Precision	0.94	0.97	0.97	1.00	0.96	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.92	1.00	0.93	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.95	0.97	0.92	0.95	0.98	0.91	1.00
น้อย สุด	Precision	0.88	0.93	0.83	0.88	0.86	0.83	0.79
	Recall	0.92	0.82	0.81	0.88	0.92	0.82	0.93
	F1-Score	0.92	0.87	0.87	0.90	0.90	0.84	0.87
เฉลี่ย	Precision	0.90	0.95	0.91	0.95	0.90	0.87	0.90
	Recall	0.96	0.89	0.88	0.90	0.97	0.88	0.96
	F1-Score	0.93	0.92	0.89	0.93	0.93	0.88	0.93
S.D.	Precision	0.02	0.02	0.05	0.05	0.04	0.04	0.08
	Recall	0.03	0.06	0.06	0.02	0.03	0.04	0.02
	F1-Score	0.01	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05

ตารางที่ ข.24 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว
ขนาดเซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คน
ละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.94	0.91	0.88	0.94	0.96	0.85	0.91
	Recall	0.89	0.94	0.96	0.94	0.89	1.00	0.80
	F1-Score	0.91	0.93	0.92	0.94	0.93	0.92	0.85
2	Precision	0.95	1.00	0.88	0.91	0.89	0.88	0.88
	Recall	1.00	0.91	0.91	0.97	0.89	0.95	0.92
	F1-Score	0.97	0.95	0.89	0.94	0.89	0.91	0.90
3	Precision	0.84	0.97	1.00	0.86	0.93	0.92	0.96
	Recall	0.89	0.88	0.78	0.94	0.89	1.00	0.96
	F1-Score	0.86	0.92	0.88	0.90	0.91	0.96	0.96
4	Precision	1.00	0.97	0.87	0.91	0.90	0.85	0.86
	Recall	0.78	0.91	0.87	0.94	0.93	1.00	0.76
	F1-Score	0.88	0.94	0.87	0.93	0.91	0.92	0.81
5	Precision	1.00	0.97	0.91	0.97	0.96	0.92	0.96
	Recall	0.89	0.94	0.91	0.88	0.96	1.00	0.88

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.94	0.95	0.91	0.92	0.96	0.96	0.92
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	0.97	0.96	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.97	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.95	0.92	0.94	0.96	0.96	0.96
น้อยที่สุด	Precision	0.84	0.91	0.87	0.86	0.89	0.85	0.86
	Recall	0.78	0.88	0.78	0.88	0.89	0.95	0.76
	F1-Score	0.86	0.92	0.87	0.90	0.89	0.91	0.81
เฉลี่ย	Precision	0.95	0.96	0.91	0.92	0.93	0.88	0.91
	Recall	0.89	0.92	0.89	0.93	0.91	0.99	0.86
	F1-Score	0.91	0.94	0.89	0.93	0.92	0.93	0.89
S.D.	Precision	0.07	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05
	Recall	0.08	0.03	0.07	0.03	0.03	0.02	0.08
	F1-Score	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.06

จากตารางที่ ข.24 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่า โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดประตูได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.25 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.83	0.94	0.91	0.98	0.92	0.86	0.93
	Recall	0.94	0.91	0.86	0.86	0.96	0.89	0.93

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.88	0.93	0.89	0.91	0.94	0.88	0.93
2	Precision	0.90	0.97	0.83	0.98	0.83	0.86	0.93
	Recall	1.00	0.97	0.92	0.88	0.96	0.64	1.00
	F1-Score	0.95	0.97	0.87	0.92	0.89	0.73	0.96
3	Precision	0.86	0.97	0.95	0.94	0.83	1.00	0.92
	Recall	1.00	0.82	0.95	0.94	1.00	0.86	0.85
	F1-Score	0.92	0.89	0.95	0.94	0.91	0.92	0.88
4	Precision	0.88	0.97	0.92	0.92	0.93	0.96	0.93
	Recall	1.00	0.85	0.95	0.92	1.00	0.82	0.93
	F1-Score	0.94	0.91	0.93	0.92	0.96	0.88	0.93
5	Precision	0.92	0.97	0.97	0.96	0.92	0.96	0.93
	Recall	1.00	0.88	0.89	0.92	0.92	0.89	1.00
	F1-Score	0.96	0.92	0.93	0.94	0.92	0.93	0.96
มากที่สุด	Precision	0.92	0.97	0.97	0.98	0.93	1.00	0.93
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.94	1.00	0.89	1.00
	F1-Score	0.96	0.97	0.95	0.94	0.96	0.93	0.96
น้อยที่สุด	Precision	0.83	0.94	0.83	0.92	0.83	0.86	0.92
	Recall	0.94	0.82	0.86	0.86	0.92	0.64	0.85
	F1-Score	0.88	0.89	0.87	0.91	0.89	0.73	0.88
เฉลี่ย	Precision	0.88	0.96	0.92	0.96	0.89	0.93	0.93
	Recall	0.99	0.89	0.91	0.90	0.97	0.82	0.94
	F1-Score	0.93	0.92	0.91	0.93	0.92	0.87	0.93
S.D.	Precision	0.03	0.01	0.05	0.03	0.05	0.06	0.00
	Recall	0.03	0.06	0.04	0.03	0.03	0.10	0.06
	F1-Score	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.08	0.03

ตารางที่ ข.25 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว
ขนาดเซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คน
ละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.94	1.00	0.87	0.89	0.84	0.96	0.96
	Recall	0.94	0.88	0.87	0.94	0.93	1.00	0.96
	F1-Score	0.94	0.94	0.87	0.91	0.88	0.98	0.96
2	Precision	1.00	0.93	0.95	0.90	0.80	0.91	0.92
	Recall	0.94	0.85	0.87	0.85	1.00	0.91	0.88
	F1-Score	0.97	0.89	0.91	0.88	0.89	0.91	0.90
3	Precision	0.86	0.97	0.91	0.94	0.96	0.88	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.87	0.94	0.96	1.00	0.88
	F1-Score	0.92	0.94	0.89	0.94	0.96	0.94	0.94
4	Precision	0.86	0.97	0.91	0.94	0.96	0.81	0.91
	Recall	1.00	0.88	0.87	0.97	0.89	1.00	0.80
	F1-Score	0.92	0.92	0.89	0.96	0.93	0.90	0.85
5	Precision	0.90	0.97	0.92	0.89	0.96	0.81	0.96
	Recall	1.00	0.91	0.96	0.94	0.93	1.00	0.88
	F1-Score	0.95	0.94	0.94	0.91	0.95	0.90	0.92
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	0.95	0.94	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.94	0.94	0.96	0.96	0.98	0.96
น้อย สุด	Precision	0.86	0.93	0.87	0.89	0.80	0.81	0.91
	Recall	0.94	0.85	0.87	0.85	0.89	0.91	0.80
	F1-Score	0.92	0.89	0.87	0.88	0.88	0.90	0.85
เฉลี่ย	Precision	0.91	0.97	0.91	0.91	0.90	0.87	0.95
	Recall	0.98	0.89	0.89	0.93	0.94	0.98	0.88
	F1-Score	0.94	0.93	0.90	0.92	0.92	0.93	0.91
S.D.	Precision	0.06	0.02	0.03	0.03	0.08	0.07	0.04
	Recall	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.06
	F1-Score	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04

จากตารางที่ ข.25 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดปิดประตูมีค่า

Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.26 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.90	0.97	0.92	0.94	0.96	0.90	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.89	0.90	0.96	0.93	1.00
	F1-Score	0.95	0.97	0.90	0.92	0.96	0.91	1.00
2	Precision	0.95	0.94	0.94	0.92	0.92	0.93	1.00
	Recall	0.97	0.94	0.92	0.90	0.96	0.89	0.74
	F1-Score	0.96	0.94	0.93	0.91	0.94	0.91	0.85
3	Precision	0.90	0.97	0.92	0.94	0.92	0.87	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.89	0.92	0.96	0.96	1.00
	F1-Score	0.95	0.94	0.90	0.93	0.94	0.92	1.00
4	Precision	0.97	0.94	0.91	0.94	0.89	0.93	0.93
	Recall	0.89	0.85	0.84	0.92	1.00	0.89	0.93
	F1-Score	0.93	0.89	0.87	0.93	0.94	0.91	0.93
5	Precision	0.95	0.97	0.81	0.98	0.89	0.89	1.00
	Recall	0.97	0.94	0.95	0.88	1.00	0.86	0.89
	F1-Score	0.96	0.96	0.88	0.92	0.94	0.87	0.94
มากที่สุด	Precision	0.97	0.97	0.94	0.98	0.96	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.92	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.96	0.97	0.93	0.93	0.96	0.92	1.00
น้อยที่สุด	Precision	0.90	0.94	0.81	0.92	0.89	0.87	0.93
	Recall	0.89	0.85	0.84	0.88	0.96	0.86	0.74
	F1-Score	0.93	0.89	0.87	0.91	0.94	0.87	0.85

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
เฉลี่ย	Precision	0.93	0.96	0.90	0.94	0.92	0.90	0.99
	Recall	0.97	0.92	0.90	0.90	0.98	0.91	0.91
	F1-Score	0.95	0.94	0.90	0.92	0.94	0.90	0.94
S.D.	Precision	0.03	0.02	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03
	Recall	0.05	0.05	0.04	0.02	0.02	0.04	0.11
	F1-Score	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.06

ตารางที่ ข.26 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว ขนาดเซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.97	0.91	0.97	0.96	0.88	0.95
	Recall	1.00	0.97	0.87	0.97	0.93	1.00	0.84
	F1-Score	1.00	0.97	0.89	0.97	0.95	0.94	0.89
2	Precision	0.82	0.94	0.96	0.91	0.93	0.87	0.79
	Recall	1.00	0.91	0.96	0.91	0.96	0.91	0.88
	F1-Score	0.90	0.92	0.96	0.91	0.95	0.89	0.83
3	Precision	1.00	1.00	0.91	1.00	0.87	1.00	0.89
	Recall	0.94	0.91	0.91	0.91	0.96	0.86	1.00
	F1-Score	0.97	0.95	0.91	0.95	0.92	0.93	0.94
4	Precision	0.84	0.91	1.00	0.91	0.93	0.79	0.85
	Recall	0.89	0.94	0.91	0.91	0.96	1.00	0.88
	F1-Score	0.86	0.93	0.95	0.91	0.95	0.88	0.86
5	Precision	0.82	0.90	0.88	0.84	1.00	0.91	0.96
	Recall	1.00	0.85	0.91	0.94	0.82	0.91	0.88
	F1-Score	0.90	0.88	0.89	0.89	0.90	0.91	0.92
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	Recall	1.00	0.97	0.96	0.97	0.96	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.96	0.97	0.95	0.94	0.94

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
น้อย สุด	Precision	0.82	0.90	0.88	0.84	0.87	0.79	0.79
	Recall	0.89	0.85	0.87	0.91	0.82	0.86	0.84
	F1-Score	0.86	0.88	0.89	0.89	0.90	0.88	0.83
เฉลี่ย	Precision	0.90	0.94	0.93	0.93	0.94	0.89	0.89
	Recall	0.97	0.92	0.91	0.93	0.93	0.94	0.90
	F1-Score	0.93	0.93	0.92	0.93	0.93	0.91	0.89
S.D.	Precision	0.10	0.04	0.05	0.06	0.05	0.08	0.07
	Recall	0.05	0.04	0.03	0.03	0.06	0.06	0.06
	F1-Score	0.06	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04

จากตารางที่ ข.26 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านและเปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์ เปิดแอร์และเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดไฟมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดไฟได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.27 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.95	0.91	0.90	1.00	0.92	0.82	0.93
	Recall	0.97	0.85	0.97	0.88	0.96	0.82	0.96
	F1-Score	0.96	0.88	0.94	0.93	0.94	0.82	0.95
2	Precision	0.97	0.97	0.95	0.96	0.92	0.93	0.96
	Recall	1.00	0.88	0.97	0.96	0.96	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.92	0.96	0.96	0.94	0.95	0.98

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
3	Precision	0.94	0.94	0.94	0.98	0.96	0.96	1.00
	Recall	0.92	0.94	0.89	0.94	1.00	0.96	0.96
	F1-Score	0.93	0.94	0.92	0.96	0.98	0.96	0.98
4	Precision	0.92	0.97	0.92	0.92	0.92	0.93	0.93
	Recall	1.00	0.94	0.92	0.98	0.92	0.93	0.93
	F1-Score	0.96	0.96	0.92	0.95	0.92	0.93	0.93
5	Precision	0.97	0.97	0.84	1.00	0.92	0.93	0.93
	Recall	0.86	0.91	0.97	0.86	0.96	0.93	1.00
	F1-Score	0.91	0.94	0.90	0.92	0.94	0.93	0.96
มากที่สุด	Precision	0.97	0.97	0.95	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.96	0.96	0.96	0.98	0.96	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.92	0.91	0.84	0.92	0.92	0.82	0.93
	Recall	0.86	0.85	0.89	0.86	0.92	0.82	0.93
	F1-Score	0.91	0.88	0.90	0.92	0.92	0.82	0.93
เฉลี่ย	Precision	0.95	0.95	0.91	0.97	0.93	0.91	0.95
	Recall	0.95	0.90	0.94	0.92	0.96	0.92	0.97
	F1-Score	0.95	0.93	0.93	0.94	0.94	0.92	0.96
S.D.	Precision	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.05	0.03
	Recall	0.06	0.04	0.04	0.05	0.03	0.06	0.03
	F1-Score	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.06	0.02

ตารางที่ ข.27 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว ขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.96	0.92	0.93	0.88	0.92
	Recall	0.94	0.88	0.96	1.00	1.00	1.00	0.88
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.96	0.97	0.94	0.90

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
2	Precision	0.95	0.97	0.96	1.00	1.00	0.95	0.92
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.94	1.00	0.91	0.92
	F1-Score	0.97	0.95	0.98	0.97	1.00	0.93	0.92
3	Precision	1.00	0.97	1.00	0.91	0.85	0.88	0.92
	Recall	1.00	0.91	0.87	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.94	0.93	0.94	0.92	0.94	0.92
4	Precision	1.00	0.96	0.78	0.89	0.93	0.95	1.00
	Recall	1.00	0.82	0.78	0.94	0.89	0.95	0.96
	F1-Score	1.00	0.89	0.78	0.91	0.91	0.95	0.98
5	Precision	1.00	0.94	0.96	0.91	0.96	0.73	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.97	0.96	1.00	0.76
	F1-Score	1.00	0.94	0.96	0.94	0.96	0.85	0.86
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.98	0.97	1.00	0.95	0.98
น้อย สุด	Precision	0.95	0.94	0.78	0.89	0.85	0.73	0.92
	Recall	0.94	0.82	0.78	0.94	0.89	0.91	0.76
	F1-Score	0.97	0.89	0.78	0.91	0.91	0.85	0.86
เฉลี่ย	Precision	0.99	0.97	0.93	0.93	0.93	0.88	0.95
	Recall	0.99	0.90	0.91	0.96	0.97	0.97	0.89
	F1-Score	0.99	0.93	0.92	0.94	0.95	0.92	0.92
S.D.	Precision	0.02	0.02	0.09	0.04	0.06	0.09	0.04
	Recall	0.03	0.05	0.09	0.03	0.05	0.04	0.08
	F1-Score	0.02	0.02	0.08	0.02	0.04	0.04	0.04

จากตารางที่ ข.27 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอม เปิดประตู ปิดม่านและเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อย

ที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.28 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.95	1.00	0.95	0.96	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.95	0.96	0.96	0.89	0.96
	F1-Score	0.97	0.95	0.95	0.96	0.96	0.93	0.98
2	Precision	0.95	1.00	0.90	0.96	0.93	0.96	1.00
	Recall	0.97	0.94	0.95	0.96	1.00	0.93	0.93
	F1-Score	0.96	0.97	0.92	0.96	0.96	0.95	0.96
3	Precision	0.97	1.00	0.94	0.98	0.86	0.89	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.89	0.98	1.00	0.89	0.93
	F1-Score	0.99	0.95	0.92	0.98	0.93	0.89	0.96
4	Precision	0.95	0.91	0.84	0.98	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.92	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.97	0.93	0.90	0.95	0.98	0.95	0.98
5	Precision	0.88	0.91	0.92	1.00	0.89	0.96	0.90
	Recall	0.97	0.88	0.97	0.94	0.96	0.89	1.00
	F1-Score	0.92	0.90	0.95	0.97	0.92	0.93	0.95
มากที่สุด	Precision	0.97	1.00	0.95	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.95	0.98	0.98	0.95	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.88	0.91	0.84	0.96	0.86	0.89	0.90
	Recall	0.97	0.88	0.89	0.92	0.96	0.89	0.93
	F1-Score	0.92	0.90	0.90	0.95	0.92	0.89	0.95
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.96	0.91	0.98	0.92	0.95	0.98
	Recall	0.99	0.92	0.95	0.95	0.98	0.91	0.96

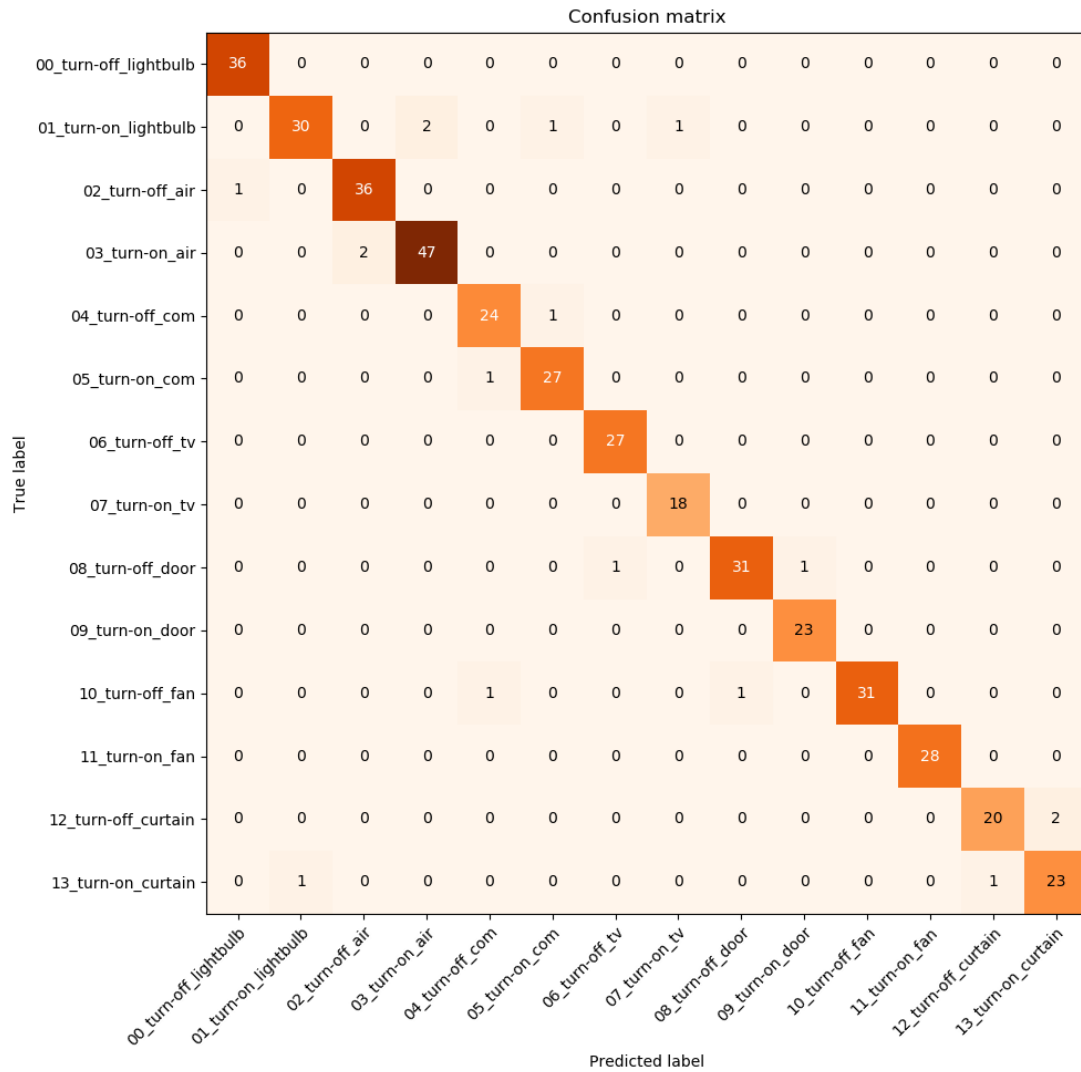
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.96	0.94	0.93	0.96	0.95	0.93	0.97
S.D.	Precision	0.03	0.05	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04
	Recall	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
	F1-Score	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01

ตารางที่ ข.28 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว ขนาดเซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

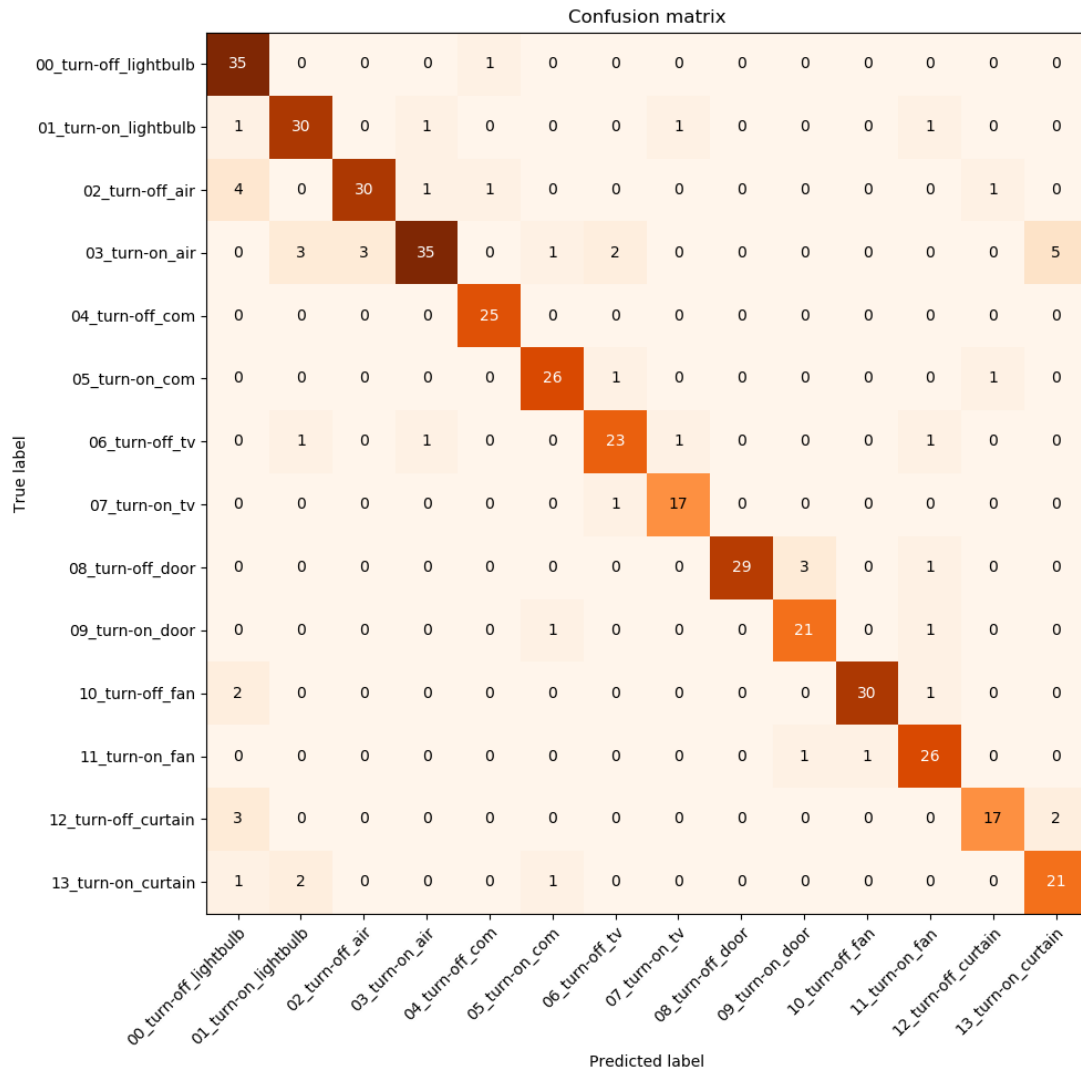
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.96	0.89	0.88	0.91	0.92
	Recall	0.94	0.91	0.96	0.94	1.00	0.95	0.96
	F1-Score	0.97	0.95	0.96	0.91	0.93	0.93	0.94
2	Precision	0.90	0.94	0.96	0.97	0.97	0.88	0.95
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.91	1.00	1.00	0.76
	F1-Score	0.95	0.94	0.98	0.94	0.98	0.94	0.84
3	Precision	0.90	0.97	1.00	0.94	0.93	0.95	0.96
	Recall	1.00	0.91	0.96	0.97	1.00	0.95	0.96
	F1-Score	0.95	0.94	0.98	0.96	0.97	0.95	0.96
4	Precision	1.00	1.00	1.00	0.91	0.90	0.95	0.92
	Recall	1.00	0.94	0.87	0.91	0.96	0.91	0.88
	F1-Score	1.00	0.97	0.93	0.91	0.93	0.93	0.90
5	Precision	1.00	1.00	0.95	0.94	0.96	0.88	1.00
	Recall	0.89	0.94	0.91	0.97	0.93	1.00	0.88
	F1-Score	0.94	0.97	0.93	0.96	0.95	0.94	0.94
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	0.97	0.97	0.95	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.96	0.98	0.95	0.96
	Precision	0.90	0.94	0.95	0.89	0.88	0.88	0.92

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
น้อย	Recall	0.89	0.91	0.87	0.91	0.93	0.91	0.76
สุด	F1-Score	0.94	0.94	0.93	0.91	0.93	0.93	0.84
เฉลี่ย	Precision	0.96	0.98	0.97	0.93	0.93	0.91	0.95
	Recall	0.97	0.93	0.94	0.94	0.98	0.96	0.89
	F1-Score	0.96	0.95	0.96	0.94	0.95	0.94	0.92
S.D.	Precision	0.05	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03
	Recall	0.05	0.02	0.05	0.03	0.03	0.04	0.08
	F1-Score	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.05

จากตารางที่ ข.28 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์ ปิดทีวีและปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์และปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดและในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีได้เป็นอย่างดี



รูปที่ ข.9 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ ข.10 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ตารางที่ ข.29 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด
เซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.72	0.89	0.81	0.89	0.84	0.72	0.73
	Recall	0.86	0.87	0.94	0.85	0.79	0.72	0.83
	F1-Score	0.79	0.88	0.87	0.87	0.81	0.72	0.78
2	Precision	0.79	0.91	0.67	0.87	0.81	0.96	0.74
	Recall	0.84	0.83	0.96	0.83	0.91	0.57	0.83
	F1-Score	0.81	0.87	0.79	0.85	0.86	0.71	0.79
3	Precision	0.86	0.87	0.54	0.79	0.83	0.93	0.79
	Recall	0.88	0.87	0.89	0.87	0.83	0.59	0.79
	F1-Score	0.87	0.87	0.67	0.83	0.83	0.72	0.79
4	Precision	0.71	0.83	0.77	0.87	0.85	0.89	0.75
	Recall	0.80	0.81	0.87	0.70	0.94	0.74	0.86
	F1-Score	0.75	0.82	0.82	0.78	0.89	0.81	0.80
5	Precision	0.83	0.86	0.78	0.95	0.78	0.86	0.81
	Recall	0.90	0.89	0.89	0.81	0.98	0.65	0.83
	F1-Score	0.86	0.88	0.83	0.87	0.87	0.74	0.82
มาก สุด	Precision	0.86	0.91	0.81	0.95	0.85	0.96	0.81
	Recall	0.90	0.89	0.96	0.87	0.98	0.74	0.86
	F1-Score	0.87	0.88	0.87	0.87	0.89	0.81	0.82
น้อย สุด	Precision	0.71	0.83	0.54	0.79	0.78	0.72	0.73
	Recall	0.80	0.81	0.87	0.70	0.79	0.57	0.79
	F1-Score	0.75	0.82	0.67	0.78	0.81	0.71	0.78
เฉลี่ย	Precision	0.78	0.87	0.71	0.87	0.82	0.87	0.76
	Recall	0.86	0.85	0.91	0.81	0.89	0.65	0.83
	F1-Score	0.82	0.86	0.80	0.84	0.85	0.74	0.80
S.D.	Precision	0.07	0.03	0.11	0.06	0.03	0.09	0.03
	Recall	0.04	0.03	0.04	0.07	0.08	0.08	0.02
	F1-Score	0.05	0.03	0.08	0.04	0.03	0.04	0.02

ตารางที่ ข.29 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว
ขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล
ฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.88	0.94	0.77	0.73	0.69	0.94	0.68
	Recall	0.76	0.64	0.95	0.76	0.79	0.44	0.80
	F1-Score	0.81	0.76	0.85	0.74	0.73	0.60	0.74
2	Precision	0.93	0.77	0.89	0.84	0.81	0.83	0.74
	Recall	0.85	0.91	0.81	0.86	0.81	0.67	0.66
	F1-Score	0.89	0.83	0.85	0.85	0.81	0.74	0.70
3	Precision	0.78	0.77	0.84	0.65	0.84	0.65	1.00
	Recall	0.87	0.87	0.90	0.76	0.62	0.42	0.51
	F1-Score	0.82	0.82	0.87	0.70	0.71	0.51	0.68
4	Precision	0.86	0.78	0.89	0.75	0.82	0.66	0.55
	Recall	0.80	0.85	0.81	0.79	0.67	0.64	0.63
	F1-Score	0.83	0.82	0.85	0.77	0.74	0.65	0.59
5	Precision	0.88	0.68	0.81	0.76	0.96	0.68	0.92
	Recall	0.91	0.87	0.81	0.76	0.64	0.72	0.63
	F1-Score	0.89	0.77	0.81	0.76	0.77	0.70	0.75
มาก สุด	Precision	0.93	0.94	0.89	0.84	0.96	0.94	1.00
	Recall	0.91	0.91	0.95	0.86	0.81	0.72	0.80
	F1-Score	0.89	0.83	0.87	0.85	0.81	0.74	0.75
น้อย สุด	Precision	0.78	0.68	0.77	0.65	0.69	0.65	0.55
	Recall	0.76	0.64	0.81	0.76	0.62	0.42	0.51
	F1-Score	0.81	0.76	0.81	0.70	0.71	0.51	0.59
เฉลี่ย	Precision	0.87	0.79	0.84	0.75	0.82	0.75	0.78
	Recall	0.84	0.83	0.86	0.79	0.71	0.58	0.65
	F1-Score	0.85	0.80	0.85	0.76	0.75	0.64	0.69
S.D.	Precision	0.05	0.09	0.05	0.07	0.10	0.13	0.18
	Recall	0.06	0.11	0.07	0.04	0.09	0.14	0.10
	F1-Score	0.04	0.03	0.02	0.06	0.04	0.09	0.06

จากตารางที่ ข.29 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดไฟ เปิดแอร์ เปิดคอมและเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่า โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดคอม ปิดม่านและเปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.30 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.71	0.93	0.78	0.91	0.81	0.83	0.83
	Recall	0.94	0.85	1.00	0.87	0.89	0.83	0.83
	F1-Score	0.81	0.89	0.88	0.89	0.85	0.83	0.83
2	Precision	0.76	0.84	0.83	0.90	0.77	0.80	0.75
	Recall	0.84	0.89	0.94	0.91	0.85	0.76	0.90
	F1-Score	0.80	0.87	0.88	0.91	0.81	0.78	0.82
3	Precision	0.79	0.90	0.69	0.76	0.77	0.95	0.63
	Recall	0.94	0.91	0.89	0.94	0.94	0.76	0.88
	F1-Score	0.86	0.91	0.78	0.84	0.85	0.84	0.73
4	Precision	0.75	0.82	0.89	0.92	0.85	0.86	0.75
	Recall	0.92	0.87	0.89	0.94	0.83	0.67	0.95
	F1-Score	0.83	0.85	0.89	0.93	0.84	0.76	0.84
5	Precision	0.86	0.90	0.75	0.73	0.83	0.95	0.69
	Recall	0.90	0.81	0.87	0.96	0.91	0.80	0.88
	F1-Score	0.88	0.85	0.80	0.83	0.87	0.87	0.77
มากที่สุด	Precision	0.86	0.93	0.89	0.92	0.85	0.95	0.83
	Recall	0.94	0.91	1.00	0.96	0.94	0.83	0.95
	F1-Score	0.88	0.91	0.89	0.93	0.87	0.87	0.84
	Precision	0.71	0.82	0.69	0.73	0.77	0.80	0.63

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย	Recall	0.84	0.81	0.87	0.87	0.83	0.67	0.83
	F1-Score	0.80	0.85	0.78	0.83	0.81	0.76	0.73
เฉลี่ย	Precision	0.77	0.88	0.79	0.84	0.81	0.88	0.73
	Recall	0.91	0.87	0.92	0.92	0.88	0.76	0.89
	F1-Score	0.84	0.87	0.85	0.88	0.84	0.82	0.80
S.D.	Precision	0.06	0.05	0.08	0.09	0.04	0.07	0.07
	Recall	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.06	0.04
	F1-Score	0.03	0.03	0.05	0.04	0.02	0.05	0.05

ตารางที่ ข.30 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว
ขนาดเซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล
ฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.86	0.89	0.86	0.82	0.85	0.68	1.00
	Recall	0.83	0.83	0.90	0.79	0.81	0.69	0.37
	F1-Score	0.84	0.86	0.88	0.80	0.83	0.68	0.54
2	Precision	0.93	0.88	0.92	0.77	0.78	0.83	0.78
	Recall	0.89	0.81	0.88	0.81	0.76	0.56	0.60
	F1-Score	0.91	0.84	0.90	0.79	0.77	0.67	0.68
3	Precision	0.95	0.91	0.95	0.76	0.85	0.87	0.95
	Recall	0.76	0.85	0.83	0.69	0.79	0.56	0.51
	F1-Score	0.84	0.88	0.89	0.72	0.81	0.68	0.67
4	Precision	0.88	0.75	0.84	0.76	0.74	0.83	0.80
	Recall	0.78	0.77	0.88	0.74	0.83	0.56	0.69
	F1-Score	0.83	0.76	0.86	0.75	0.79	0.67	0.74
5	Precision	0.90	0.83	0.84	0.86	0.78	0.83	0.80
	Recall	0.76	0.81	0.88	0.76	0.74	0.67	0.57
	F1-Score	0.82	0.82	0.86	0.81	0.76	0.74	0.67
	Precision	0.95	0.91	0.95	0.86	0.85	0.87	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Recall	0.89	0.85	0.90	0.81	0.83	0.69	0.69
	F1-Score	0.91	0.88	0.90	0.81	0.83	0.74	0.74
น้อยที่สุด	Precision	0.86	0.75	0.84	0.76	0.74	0.68	0.78
	Recall	0.76	0.77	0.83	0.69	0.74	0.56	0.37
	F1-Score	0.82	0.76	0.86	0.72	0.76	0.67	0.54
เฉลี่ย	Precision	0.90	0.85	0.88	0.79	0.80	0.81	0.87
	Recall	0.80	0.81	0.87	0.76	0.79	0.61	0.55
	F1-Score	0.85	0.83	0.88	0.77	0.79	0.69	0.66
S.D.	Precision	0.04	0.06	0.05	0.04	0.05	0.07	0.10
	Recall	0.06	0.03	0.03	0.05	0.04	0.07	0.12
	F1-Score	0.04	0.05	0.02	0.04	0.03	0.03	0.07

จากตารางที่ ข.30 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์และเปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์และเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์และเปิดประตูได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดม่านและเปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.31 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.65	0.89	0.81	0.91	0.88	0.88	0.79
	Recall	0.94	0.83	0.94	0.85	0.89	0.61	0.90
	F1-Score	0.77	0.86	0.87	0.88	0.88	0.72	0.84
2	Precision	0.77	0.91	0.65	0.81	0.88	1.00	0.79
	Recall	0.88	0.83	0.91	0.94	0.94	0.54	0.90

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.82	0.87	0.76	0.87	0.91	0.70	0.84
3	Precision	0.76	0.87	0.79	0.88	0.73	0.90	0.85
	Recall	0.92	0.87	0.98	0.89	0.91	0.78	0.95
	F1-Score	0.83	0.87	0.88	0.88	0.81	0.84	0.90
4	Precision	0.70	0.91	0.85	0.77	0.85	0.95	0.80
	Recall	0.96	0.89	0.94	0.87	0.87	0.76	0.83
	F1-Score	0.81	0.90	0.89	0.82	0.86	0.84	0.81
5	Precision	0.81	0.95	0.80	0.84	0.81	0.95	0.62
	Recall	0.88	0.83	0.87	0.89	0.89	0.78	0.95
	F1-Score	0.84	0.89	0.84	0.87	0.85	0.86	0.75
มาก สุด	Precision	0.81	0.95	0.85	0.91	0.88	1.00	0.85
	Recall	0.96	0.89	0.98	0.94	0.94	0.78	0.95
	F1-Score	0.84	0.90	0.89	0.88	0.91	0.86	0.90
น้อย สุด	Precision	0.65	0.87	0.65	0.77	0.73	0.88	0.62
	Recall	0.88	0.83	0.87	0.85	0.87	0.54	0.83
	F1-Score	0.77	0.86	0.76	0.82	0.81	0.70	0.75
เฉลี่ย	Precision	0.74	0.91	0.78	0.84	0.83	0.94	0.77
	Recall	0.92	0.85	0.93	0.89	0.90	0.69	0.91
	F1-Score	0.81	0.88	0.85	0.86	0.86	0.79	0.83
S.D.	Precision	0.06	0.03	0.08	0.06	0.06	0.05	0.09
	Recall	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.11	0.05
	F1-Score	0.03	0.02	0.05	0.03	0.04	0.08	0.05

ตารางที่ ข.31 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว
ขนาดเซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล
ฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.91	0.86	0.90	0.70	0.78	0.77	0.75
	Recall	0.87	0.77	0.88	0.74	0.83	0.56	0.69

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.89	0.81	0.89	0.72	0.80	0.65	0.72
2	Precision	0.87	0.90	0.90	0.88	0.72	0.75	0.73
	Recall	0.89	0.81	0.86	0.83	0.93	0.42	0.63
	F1-Score	0.88	0.85	0.88	0.85	0.81	0.54	0.68
3	Precision	0.95	0.78	0.94	0.80	0.97	0.76	0.86
	Recall	0.91	0.81	0.81	0.79	0.71	0.72	0.54
	F1-Score	0.93	0.79	0.87	0.80	0.82	0.74	0.67
4	Precision	0.86	0.75	0.90	0.79	0.93	0.89	0.85
	Recall	0.91	0.87	0.88	0.62	0.67	0.67	0.80
	F1-Score	0.88	0.80	0.89	0.69	0.78	0.76	0.82
5	Precision	0.92	0.91	0.85	0.86	0.89	0.81	0.77
	Recall	0.74	0.85	0.83	0.88	0.79	0.72	0.69
	F1-Score	0.82	0.88	0.84	0.87	0.84	0.76	0.73
มากที่สุด	Precision	0.95	0.91	0.94	0.88	0.97	0.89	0.86
	Recall	0.91	0.87	0.88	0.88	0.93	0.72	0.80
	F1-Score	0.93	0.88	0.89	0.87	0.84	0.76	0.82
น้อยที่สุด	Precision	0.86	0.75	0.85	0.70	0.72	0.75	0.73
	Recall	0.74	0.77	0.81	0.62	0.67	0.42	0.54
	F1-Score	0.82	0.79	0.84	0.69	0.78	0.54	0.67
เฉลี่ย	Precision	0.90	0.84	0.90	0.81	0.86	0.80	0.79
	Recall	0.86	0.82	0.85	0.77	0.79	0.62	0.67
	F1-Score	0.88	0.83	0.87	0.79	0.81	0.69	0.72
S.D.	Precision	0.04	0.07	0.03	0.07	0.10	0.06	0.06
	Recall	0.07	0.04	0.03	0.10	0.10	0.13	0.10
	F1-Score	0.04	0.04	0.02	0.08	0.02	0.10	0.06

จากตารางที่ ข.31 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดคอมมีค่า Percision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดไฟมีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟ

และเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟและเปิดทีวีได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดม่านและเปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.32 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.85	0.91	0.79	0.90	0.81	0.91	0.71
	Recall	0.92	0.85	0.94	0.91	0.89	0.67	0.86
	F1-Score	0.88	0.88	0.85	0.91	0.85	0.78	0.77
2	Precision	0.82	0.91	0.73	0.96	0.95	0.83	0.87
	Recall	0.82	0.89	0.94	0.91	0.85	0.76	0.81
	F1-Score	0.82	0.90	0.82	0.93	0.90	0.80	0.84
3	Precision	0.83	0.85	0.67	0.83	0.89	0.82	0.75
	Recall	0.80	0.87	0.96	0.96	0.89	0.70	0.90
	F1-Score	0.81	0.86	0.79	0.89	0.89	0.75	0.82
4	Precision	0.85	0.88	0.86	0.88	0.77	0.92	0.78
	Recall	0.94	0.91	0.94	0.98	0.87	0.72	0.86
	F1-Score	0.89	0.90	0.90	0.93	0.82	0.80	0.82
5	Precision	0.85	0.87	0.72	0.95	0.81	0.92	0.81
	Recall	0.92	0.87	1.00	0.87	0.91	0.72	0.83
	F1-Score	0.88	0.87	0.84	0.91	0.86	0.80	0.82
มากที่สุด	Precision	0.85	0.91	0.86	0.96	0.95	0.92	0.87
	Recall	0.94	0.91	1.00	0.98	0.91	0.76	0.90
	F1-Score	0.89	0.90	0.90	0.93	0.90	0.80	0.84
น้อยที่สุด	Precision	0.82	0.85	0.67	0.83	0.77	0.82	0.71
	Recall	0.80	0.85	0.94	0.87	0.85	0.67	0.81
	F1-Score	0.81	0.86	0.79	0.89	0.82	0.75	0.77
เฉลี่ย	Precision	0.84	0.88	0.75	0.90	0.85	0.88	0.78
	Recall	0.88	0.88	0.96	0.93	0.88	0.71	0.85

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.86	0.88	0.84	0.91	0.86	0.79	0.81
S.D.	Precision	0.01	0.03	0.07	0.05	0.07	0.05	0.06
	Recall	0.06	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03
	F1-Score	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03

ตารางที่ ข.32 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว ขนาดเซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.85	0.85	0.84	0.85	0.88	0.81	0.82
	Recall	0.76	0.83	0.88	0.83	0.86	0.81	0.66
	F1-Score	0.80	0.84	0.86	0.84	0.87	0.81	0.73
2	Precision	0.90	0.78	0.80	0.83	0.80	0.89	0.82
	Recall	0.96	0.85	0.83	0.83	0.86	0.69	0.77
	F1-Score	0.93	0.82	0.81	0.83	0.83	0.78	0.79
3	Precision	0.88	0.83	0.97	0.74	0.80	0.79	0.76
	Recall	0.80	0.83	0.88	0.81	0.76	0.53	0.54
	F1-Score	0.84	0.83	0.92	0.77	0.78	0.63	0.63
4	Precision	0.87	0.82	0.88	0.73	0.97	0.91	0.90
	Recall	0.89	0.85	0.90	0.71	0.71	0.86	0.74
	F1-Score	0.88	0.83	0.89	0.72	0.82	0.89	0.81
5	Precision	0.82	0.82	0.88	0.71	0.90	0.81	0.96
	Recall	0.89	0.87	0.88	0.81	0.67	0.69	0.63
	F1-Score	0.85	0.85	0.88	0.76	0.77	0.75	0.76
มากที่สุด	Precision	0.90	0.85	0.97	0.85	0.97	0.91	0.96
	Recall	0.96	0.87	0.90	0.83	0.86	0.86	0.77
	F1-Score	0.93	0.85	0.92	0.84	0.87	0.89	0.81
น้อยที่สุด	Precision	0.82	0.78	0.80	0.71	0.80	0.79	0.76
	Recall	0.76	0.83	0.83	0.71	0.67	0.53	0.54

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.80	0.82	0.81	0.72	0.77	0.63	0.63
เฉลี่ย	Precision	0.86	0.82	0.87	0.77	0.87	0.84	0.85
	Recall	0.86	0.85	0.87	0.80	0.77	0.72	0.67
	F1-Score	0.86	0.83	0.87	0.78	0.81	0.77	0.74
S.D.	Precision	0.03	0.03	0.06	0.06	0.07	0.05	0.08
	Recall	0.08	0.02	0.03	0.05	0.09	0.13	0.09
	F1-Score	0.05	0.01	0.04	0.05	0.04	0.09	0.07

จากตารางที่ ข.32 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์ได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.33 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.76	0.88	0.60	0.95	0.91	0.91	0.84
	Recall	0.90	0.79	1.00	0.85	0.87	0.63	0.90
	F1-Score	0.82	0.83	0.75	0.90	0.89	0.74	0.87
2	Precision	0.77	0.98	0.81	0.86	0.85	0.92	0.78
	Recall	0.90	0.83	0.98	0.91	0.85	0.74	0.86
	F1-Score	0.83	0.90	0.88	0.89	0.85	0.82	0.82
3	Precision	0.94	0.89	0.79	0.94	0.88	0.91	0.92
	Recall	0.90	0.83	0.96	0.96	0.89	0.70	0.86
	F1-Score	0.92	0.86	0.87	0.95	0.88	0.79	0.89

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
4	Precision	0.73	0.83	0.92	0.76	0.87	0.78	0.76
	Recall	0.96	0.85	0.96	0.96	0.83	0.91	0.83
	F1-Score	0.83	0.84	0.94	0.85	0.85	0.84	0.80
5	Precision	0.69	1.00	0.62	0.91	0.82	0.94	0.78
	Recall	0.88	0.74	0.96	0.91	0.98	0.70	0.86
	F1-Score	0.77	0.85	0.76	0.91	0.89	0.80	0.82
มาก สุด	Precision	0.94	1.00	0.92	0.95	0.91	0.94	0.92
	Recall	0.96	0.85	1.00	0.96	0.98	0.91	0.90
	F1-Score	0.92	0.90	0.94	0.95	0.89	0.84	0.89
น้อย สุด	Precision	0.69	0.83	0.60	0.76	0.82	0.78	0.76
	Recall	0.88	0.74	0.96	0.85	0.83	0.63	0.83
	F1-Score	0.77	0.83	0.75	0.85	0.85	0.74	0.80
เฉลี่ย	Precision	0.78	0.92	0.75	0.88	0.87	0.89	0.82
	Recall	0.91	0.81	0.97	0.92	0.88	0.74	0.86
	F1-Score	0.83	0.86	0.84	0.90	0.87	0.80	0.84
S.D.	Precision	0.10	0.07	0.14	0.08	0.03	0.06	0.07
	Recall	0.03	0.04	0.02	0.05	0.06	0.11	0.02
	F1-Score	0.05	0.03	0.08	0.04	0.02	0.04	0.04

ตารางที่ ข.33 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว
ขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล
ฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.93	0.89	0.84	0.72	0.76	0.97	0.76
	Recall	0.89	0.68	0.86	0.81	0.88	0.78	0.54
	F1-Score	0.91	0.77	0.85	0.76	0.81	0.86	0.63
2	Precision	0.86	0.85	0.95	0.81	0.83	0.96	0.91
	Recall	0.93	0.87	0.88	0.83	0.81	0.69	0.89
	F1-Score	0.90	0.86	0.91	0.82	0.82	0.81	0.90

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
3	Precision	0.93	0.81	0.79	0.75	0.73	0.86	0.83
	Recall	0.85	0.83	0.81	0.90	0.86	0.83	0.69
	F1-Score	0.89	0.82	0.80	0.82	0.79	0.85	0.75
4	Precision	0.89	0.78	0.77	0.61	0.84	0.84	0.76
	Recall	0.72	0.74	0.71	0.79	0.62	0.44	0.54
	F1-Score	0.80	0.76	0.74	0.69	0.71	0.58	0.63
5	Precision	0.89	0.81	0.83	0.79	0.81	0.85	0.91
	Recall	0.91	0.81	0.69	0.90	0.71	0.64	0.57
	F1-Score	0.90	0.81	0.75	0.84	0.76	0.73	0.70
มากที่สุด	Precision	0.93	0.89	0.95	0.81	0.84	0.97	0.91
	Recall	0.93	0.87	0.88	0.90	0.88	0.83	0.89
	F1-Score	0.91	0.86	0.91	0.84	0.82	0.86	0.90
น้อยที่สุด	Precision	0.86	0.78	0.77	0.61	0.73	0.84	0.76
	Recall	0.72	0.68	0.69	0.79	0.62	0.44	0.54
	F1-Score	0.80	0.76	0.74	0.69	0.71	0.58	0.63
เฉลี่ย	Precision	0.90	0.83	0.84	0.74	0.79	0.90	0.83
	Recall	0.86	0.79	0.79	0.85	0.78	0.68	0.65
	F1-Score	0.88	0.80	0.81	0.79	0.78	0.77	0.72
S.D.	Precision	0.03	0.04	0.07	0.08	0.05	0.06	0.08
	Recall	0.08	0.08	0.09	0.05	0.11	0.15	0.15
	F1-Score	0.05	0.04	0.07	0.06	0.04	0.12	0.11

จากตารางที่ ข.33 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดไฟมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์ได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

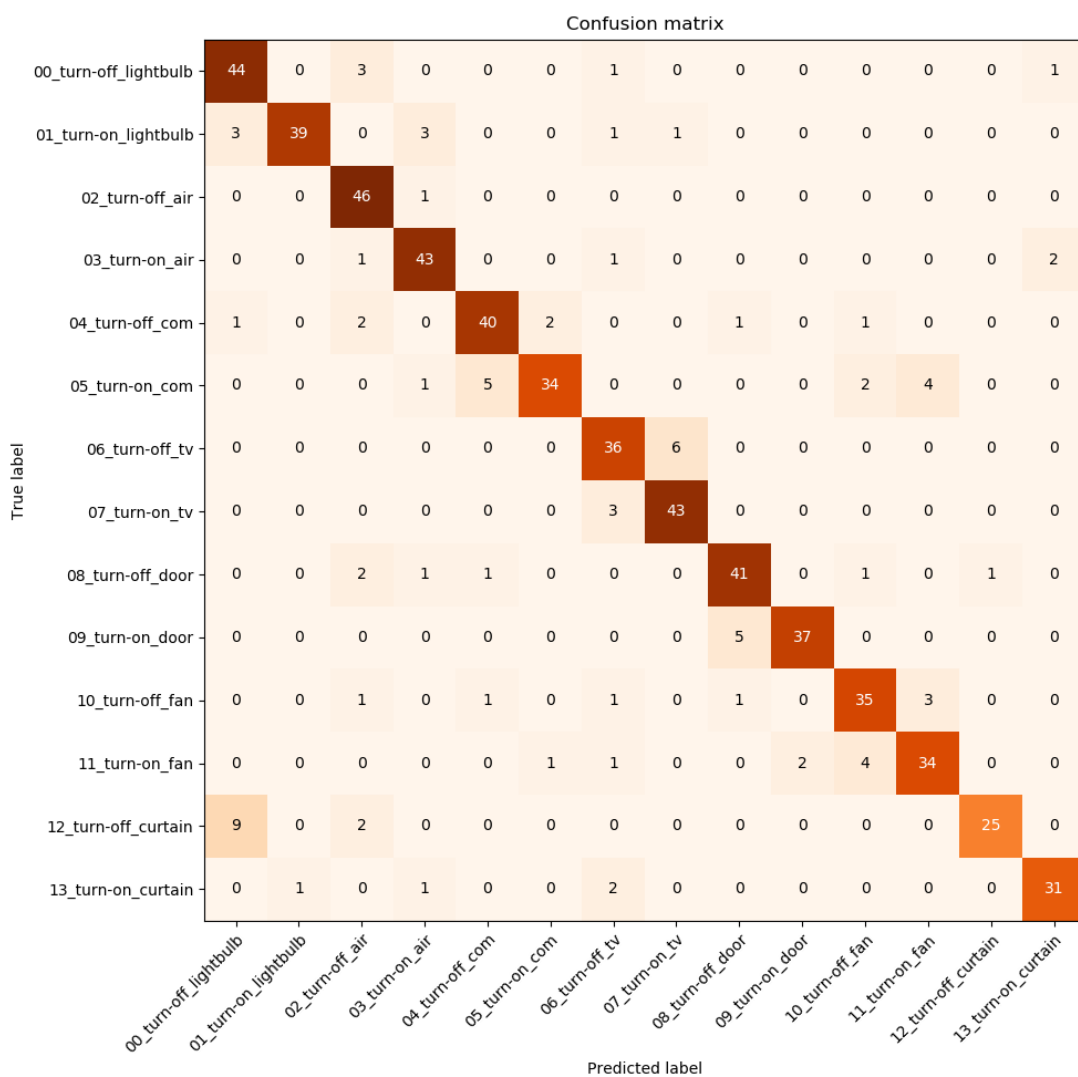
ตารางที่ ข.34 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาด เซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.92	0.88	0.71	0.94	0.90	0.91	0.76
	Recall	0.69	0.89	0.98	0.94	0.81	0.70	0.93
	F1-Score	0.79	0.88	0.82	0.94	0.85	0.79	0.84
2	Precision	0.75	0.93	0.74	0.80	0.87	1.00	0.95
	Recall	0.90	0.85	0.91	0.94	0.96	0.70	0.88
	F1-Score	0.81	0.89	0.82	0.86	0.91	0.82	0.91
3	Precision	0.79	0.89	0.68	0.75	0.84	0.90	0.88
	Recall	0.86	0.85	0.94	0.91	1.00	0.80	0.69
	F1-Score	0.82	0.87	0.79	0.83	0.91	0.85	0.77
4	Precision	0.80	0.88	0.52	0.87	0.93	0.87	0.84
	Recall	0.82	0.89	0.96	0.85	0.87	0.72	0.88
	F1-Score	0.81	0.88	0.68	0.86	0.90	0.79	0.86
5	Precision	0.80	0.89	0.65	0.79	0.74	0.96	0.80
	Recall	0.90	0.87	0.91	0.94	0.98	0.57	0.93
	F1-Score	0.85	0.88	0.76	0.85	0.84	0.71	0.86
มากที่สุด	Precision	0.92	0.93	0.74	0.94	0.93	1.00	0.95
	Recall	0.90	0.89	0.98	0.94	1.00	0.80	0.93
	F1-Score	0.85	0.89	0.82	0.94	0.91	0.85	0.91
น้อยที่สุด	Precision	0.75	0.88	0.52	0.75	0.74	0.87	0.76
	Recall	0.69	0.85	0.91	0.85	0.81	0.57	0.69
	F1-Score	0.79	0.87	0.68	0.83	0.84	0.71	0.77
เฉลี่ย	Precision	0.81	0.89	0.66	0.83	0.86	0.93	0.85
	Recall	0.83	0.87	0.94	0.92	0.92	0.70	0.86
	F1-Score	0.82	0.88	0.77	0.87	0.88	0.79	0.85
S.D.	Precision	0.06	0.02	0.09	0.08	0.07	0.05	0.07
	Recall	0.09	0.02	0.03	0.04	0.08	0.08	0.10
	F1-Score	0.02	0.01	0.06	0.04	0.03	0.05	0.05

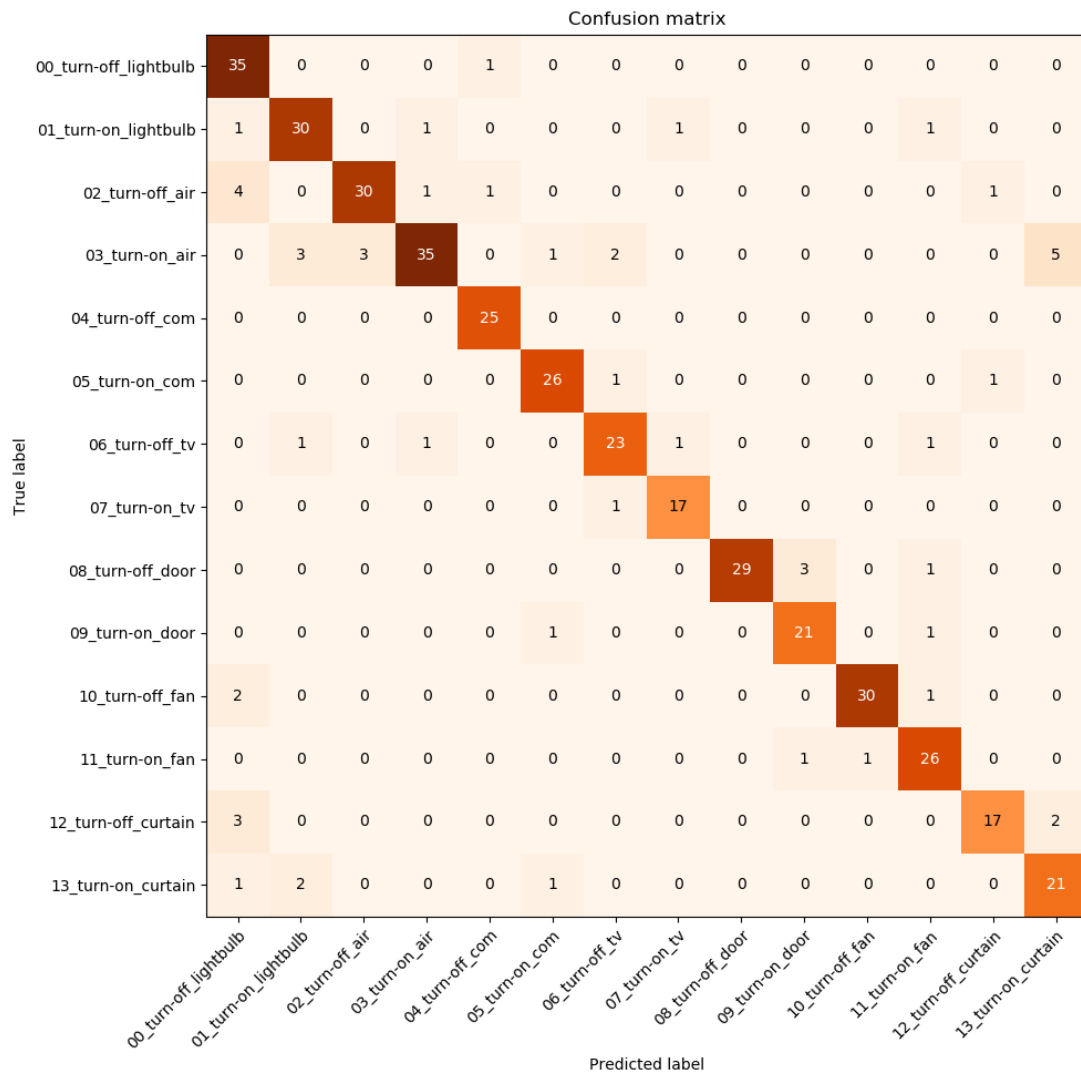
ตารางที่ ข.34 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว
ขนาดเซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูล
ฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.95	0.83	0.87	0.68	0.82	0.90	0.79
	Recall	0.80	0.85	0.98	0.71	0.86	0.75	0.86
	F1-Score	0.87	0.84	0.92	0.70	0.84	0.82	0.82
2	Precision	0.90	0.90	0.77	0.78	0.72	0.76	0.87
	Recall	0.96	0.77	0.88	0.74	0.81	0.81	0.37
	F1-Score	0.93	0.83	0.82	0.76	0.76	0.78	0.52
3	Precision	0.77	0.86	0.88	0.94	0.83	1.00	0.92
	Recall	1.00	0.77	0.86	0.69	0.90	0.53	0.69
	F1-Score	0.87	0.81	0.87	0.79	0.86	0.69	0.79
4	Precision	0.89	0.89	0.89	0.80	0.87	1.00	0.81
	Recall	0.89	0.85	0.95	0.79	0.79	0.50	0.60
	F1-Score	0.89	0.87	0.92	0.80	0.82	0.67	0.69
5	Precision	0.91	0.97	0.83	0.82	0.82	0.77	0.86
	Recall	0.85	0.79	0.83	0.86	0.64	0.56	0.69
	F1-Score	0.88	0.87	0.83	0.84	0.72	0.65	0.76
มาก สุด	Precision	0.95	0.97	0.89	0.94	0.87	1.00	0.92
	Recall	1.00	0.85	0.98	0.86	0.90	0.81	0.86
	F1-Score	0.93	0.87	0.92	0.84	0.86	0.82	0.82
น้อย สุด	Precision	0.77	0.83	0.77	0.68	0.72	0.76	0.79
	Recall	0.80	0.77	0.83	0.69	0.64	0.50	0.37
	F1-Score	0.87	0.81	0.82	0.70	0.72	0.65	0.52
เฉลี่ย	Precision	0.88	0.89	0.85	0.80	0.81	0.89	0.85
	Recall	0.90	0.81	0.90	0.76	0.80	0.63	0.64
	F1-Score	0.89	0.84	0.87	0.78	0.80	0.72	0.72
S.D.	Precision	0.07	0.05	0.05	0.09	0.06	0.12	0.05
	Recall	0.08	0.04	0.06	0.07	0.10	0.14	0.18
	F1-Score	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.12

จากตารางที่ ข.34 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านและเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 1024 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวีได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดม่านและเปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ



รูปที่ ข.11 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ ข.12 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวขนาดเซลล์ 128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ตารางที่ ข.35 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่
ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	0.92	0.98	0.93	1.00	1.00
	Recall	0.97	0.94	0.97	0.98	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.97	0.95	0.98	0.96	1.00	0.98
2	Precision	0.90	0.97	0.94	1.00	0.89	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.92	0.92	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.95	0.96	0.93	0.96	0.94	0.96	1.00
3	Precision	0.95	1.00	0.95	0.98	0.89	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.91	0.97	0.96	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.97	0.95	0.96	0.97	0.94	0.95	0.96
4	Precision	0.95	1.00	0.90	1.00	0.96	0.93	0.96
	Recall	0.97	0.91	0.97	0.92	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.96	0.95	0.94	0.96	0.98	0.93	0.96
5	Precision	0.92	1.00	0.95	0.98	0.93	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.88	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.96	0.94	0.96	0.98	0.96	0.96	0.98
มาก สุด	Precision	0.97	1.00	0.95	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.98	0.98	1.00	1.00
น้อย สุด	Precision	0.90	0.97	0.90	0.98	0.89	0.93	0.96
	Recall	0.97	0.88	0.92	0.92	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.95	0.94	0.93	0.96	0.94	0.93	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.99	0.93	0.99	0.92	0.97	0.98
	Recall	0.99	0.92	0.96	0.95	1.00	0.95	0.98
	F1-Score	0.96	0.95	0.95	0.97	0.96	0.96	0.98
S.D.	Precision	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02
	Recall	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.03	0.02
	F1-Score	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02

ตารางที่ ข.35 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ถูก
มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.91	0.94	0.87	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.91	0.91	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.95	0.91	0.92	0.92	0.96	0.96
2	Precision	0.95	1.00	0.96	0.94	1.00	0.85	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.94	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.94	0.98	0.92	0.94
3	Precision	1.00	0.97	0.96	0.97	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	1.00	0.91	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.94	0.96	0.98	0.98
4	Precision	0.90	1.00	0.96	0.97	0.96	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.97	0.96	0.97	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.95	0.98	0.96	0.97	0.96	0.96	0.94
5	Precision	1.00	0.94	0.95	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.91	0.91	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.94	0.93	0.94	1.00	0.98	0.98
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.98	0.98	0.97	1.00	0.98	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.90	0.94	0.91	0.94	0.87	0.85	0.96
	Recall	1.00	0.91	0.91	0.91	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.95	0.94	0.91	0.92	0.92	0.92	0.94
เฉลี่ย	Precision	0.97	0.98	0.95	0.96	0.96	0.92	0.98
	Recall	1.00	0.95	0.95	0.93	0.97	1.00	0.94
	F1-Score	0.98	0.96	0.95	0.94	0.96	0.96	0.96
S.D.	Precision	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.04	0.02
	Recall	0.00	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00	0.02

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.35 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดไฟและเปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมและปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอม เปิดทีวีและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และเสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.36 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	0.92	1.00	0.96	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.94	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.95	0.97	0.98	0.95	1.00
2	Precision	0.97	1.00	0.90	1.00	0.93	0.96	0.96
	Recall	0.97	0.94	0.97	0.94	1.00	0.89	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.94	0.97	0.96	0.93	0.98
3	Precision	0.97	0.97	0.95	0.98	0.81	0.96	0.93
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.96	1.00	0.86	1.00
	F1-Score	0.99	0.96	0.96	0.97	0.89	0.91	0.96
4	Precision	0.97	1.00	0.92	1.00	0.89	0.90	1.00
	Recall	0.97	0.94	0.97	0.94	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.95	0.97	0.94	0.93	1.00
5	Precision	0.97	1.00	0.88	1.00	0.96	0.96	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.92	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.92	0.96	0.98	0.96	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.95	1.00	0.96	0.96	1.00
มากที่สุด	Recall	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.96	0.97	0.98	0.96	1.00
	Precision	0.97	0.97	0.88	0.98	0.81	0.90	0.93
น้อยที่สุด	Recall	0.97	0.94	0.97	0.92	1.00	0.86	1.00
	F1-Score	0.97	0.96	0.92	0.96	0.89	0.91	0.96
	Precision	0.97	0.99	0.91	1.00	0.91	0.94	0.98
เฉลี่ย	Recall	0.99	0.95	0.97	0.94	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.98	0.97	0.94	0.97	0.95	0.94	0.99
	Precision	0.00	0.01	0.03	0.01	0.06	0.03	0.03
S.D.	Recall	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00
	F1-Score	0.01	0.01	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02

ตารางที่ ข.36 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ถูกมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.92	0.97	0.96	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.96	1.00	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.94	0.99	0.96	0.96	0.96
2	Precision	1.00	1.00	0.96	0.94	0.97	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98
3	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	0.97	0.96	1.00
	Recall	0.94	0.94	0.96	0.91	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.94	0.98	0.98	0.96
4	Precision	1.00	1.00	0.92	0.94	1.00	1.00	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.94	0.93	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.96	0.94	0.96	1.00	1.00
	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	0.97	0.92	1.00
5	Recall	1.00	0.94	1.00	0.94	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.95	0.98	0.96	0.96
	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00
มาก สุด	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	0.98	1.00	1.00
	Precision	1.00	1.00	0.92	0.94	0.96	0.92	1.00
น้อย สุด	Recall	0.94	0.91	0.96	0.91	0.93	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.95	0.94	0.94	0.96	0.96	0.96
	Precision	1.00	1.00	0.94	0.96	0.97	0.95	1.00
เฉลี่ย	Recall	0.99	0.93	0.98	0.96	0.98	1.00	0.94
	F1-Score	0.99	0.97	0.96	0.96	0.97	0.98	0.97
	Precision	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00
S.D.	Recall	0.03	0.01	0.02	0.04	0.03	0.00	0.04
	F1-Score	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
	Precision	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00

จากตารางที่ ข.36 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์ เปิดทีวี ปิดประตูและเปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์ และปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอม ปิดทีวีและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมและปิดประตูมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์และเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.37 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่
ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.92	1.00	0.95	1.00	0.96	0.96	0.93
	Recall	1.00	0.85	0.95	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.96	0.92	0.95	0.98	0.98	0.96	0.96
2	Precision	0.95	1.00	0.92	0.96	0.96	1.00	0.93
	Recall	0.97	0.94	0.97	0.96	1.00	0.96	0.93
	F1-Score	0.96	0.97	0.95	0.96	0.98	0.98	0.93
3	Precision	1.00	1.00	0.97	1.00	0.96	0.96	0.96
	Recall	0.97	0.94	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.97	0.99	0.98	0.96	0.98
4	Precision	1.00	1.00	0.95	0.98	0.89	0.89	0.93
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.96	1.00	0.86	0.93
	F1-Score	1.00	0.97	0.95	0.97	0.94	0.87	0.93
5	Precision	0.97	1.00	0.97	0.89	0.93	0.96	1.00
	Recall	0.97	0.85	0.92	1.00	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.97	0.92	0.94	0.94	0.96	0.95	0.98
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	0.97	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	1.00	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.97	0.99	0.98	0.98	0.98
น้อย สุด	Precision	0.92	1.00	0.92	0.89	0.89	0.89	0.93
	Recall	0.97	0.85	0.92	0.96	1.00	0.86	0.93
	F1-Score	0.96	0.92	0.94	0.94	0.94	0.87	0.93
เฉลี่ย	Precision	0.97	1.00	0.95	0.97	0.94	0.95	0.95
	Recall	0.98	0.90	0.95	0.97	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.98	0.95	0.95	0.97	0.97	0.94	0.96
S.D.	Precision	0.03	0.00	0.02	0.05	0.03	0.04	0.03
	Recall	0.02	0.05	0.02	0.02	0.00	0.04	0.04
	F1-Score	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03

ตารางที่ ข.37 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	0.93	0.88	1.00
	Recall	0.94	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88
	F1-Score	0.97	0.97	0.98	0.99	0.97	0.94	0.94
2	Precision	0.94	0.97	1.00	0.92	1.00	0.92	1.00
	Recall	0.89	0.91	0.96	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.91	0.94	0.98	0.96	1.00	0.96	0.96
3	Precision	1.00	1.00	0.96	0.87	0.96	0.88	0.96
	Recall	1.00	0.85	0.96	1.00	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.92	0.96	0.93	0.96	0.94	0.94
4	Precision	0.90	1.00	0.96	0.97	0.97	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.95	0.97	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98
5	Precision	0.90	1.00	1.00	0.94	1.00	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.95	0.97	0.98	0.96	1.00	0.96	0.94
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.90	0.97	0.96	0.87	0.93	0.88	0.96
	Recall	0.89	0.85	0.96	0.97	0.96	1.00	0.88
	F1-Score	0.91	0.92	0.96	0.93	0.96	0.94	0.94
เฉลี่ย	Precision	0.95	0.99	0.98	0.93	0.97	0.91	0.98
	Recall	0.97	0.92	0.97	0.99	0.99	1.00	0.92
	F1-Score	0.96	0.95	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95
S.D.	Precision	0.05	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02
	Recall	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.37 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดไฟมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดไฟและเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดไฟและเปิดพัดลมได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.38 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.92	1.00	0.90	0.96	0.83	0.89	1.00
	Recall	1.00	0.85	0.97	0.94	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.96	0.92	0.94	0.95	0.91	0.89	0.98
2	Precision	1.00	1.00	0.92	0.98	0.96	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.96	1.00	0.89	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.96	0.97	0.98	0.91	1.00
3	Precision	0.95	1.00	0.95	1.00	0.93	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.99	0.96	0.93	1.00
4	Precision	0.92	1.00	0.94	0.96	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.92	0.96	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.96	0.95	0.93	0.96	0.96	0.93	0.98
5	Precision	0.92	1.00	0.97	0.94	0.96	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.95	0.98	1.00	0.96	0.96

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.96	0.95	0.96	0.96	0.98	0.98	0.98
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.97	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.96	0.99	0.98	0.98	1.00
น้อยที่สุด	Precision	0.92	1.00	0.90	0.94	0.83	0.89	1.00
	Recall	1.00	0.85	0.92	0.94	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.96	0.92	0.93	0.95	0.91	0.89	0.98
เฉลี่ย	Precision	0.94	1.00	0.94	0.97	0.92	0.94	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.96	0.96	1.00	0.91	0.98
	F1-Score	0.97	0.95	0.95	0.97	0.96	0.93	0.99
S.D.	Precision	0.03	0.00	0.03	0.02	0.05	0.04	0.00
	Recall	0.00	0.04	0.03	0.02	0.00	0.03	0.02
	F1-Score	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01

ตารางที่ ข.38 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนที่พุดมืออยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสี่ยงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.95	0.97	1.00	0.89	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.91	0.94	0.93	1.00	0.88
	F1-Score	0.97	0.95	0.95	0.91	0.96	0.98	0.94
2	Precision	1.00	1.00	0.92	0.92	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.88	1.00	1.00	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.94	0.96	0.96	0.98	0.96	0.96
3	Precision	1.00	1.00	0.92	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	0.96	1.00	0.88
	F1-Score	1.00	0.97	0.96	0.99	0.98	0.98	0.94
4	Precision	0.95	1.00	0.92	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.99	1.00	0.96	0.96
5	Precision	1.00	0.97	0.95	0.97	0.93	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.91	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.95	0.93	0.97	0.97	0.96	0.96
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.96	0.99	1.00	0.98	0.96
น้อย สุด	Precision	0.95	0.97	0.92	0.89	0.93	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.88	0.91	0.94	0.93	1.00	0.88
	F1-Score	0.97	0.94	0.93	0.91	0.96	0.96	0.94
เฉลี่ย	Precision	0.98	0.99	0.94	0.94	0.99	0.94	1.00
	Recall	1.00	0.93	0.96	0.98	0.97	1.00	0.90
	F1-Score	0.99	0.96	0.95	0.96	0.98	0.97	0.95
S.D.	Precision	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00
	Recall	0.00	0.03	0.05	0.03	0.03	0.00	0.02
	F1-Score	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01

จากตารางที่ ข.38 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดไฟ ปิดทีวีและเปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟ ปิดคอม เปิดทีวีและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.39 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่
ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	0.94	1.00	0.92	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.92	0.96	0.96	0.93	0.93
	F1-Score	0.99	0.97	0.93	0.98	0.94	0.95	0.96
2	Precision	0.95	0.97	0.90	1.00	0.93	1.00	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.90	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.97	0.96	0.92	0.95	0.96	0.96	0.98
3	Precision	0.95	1.00	0.97	1.00	0.89	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.96	1.00	0.89	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.97	0.98	0.94	0.93	1.00
4	Precision	0.92	1.00	0.95	1.00	0.89	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.91	0.95	0.96	0.96	0.89	1.00
	F1-Score	0.96	0.95	0.95	0.98	0.92	0.93	0.98
5	Precision	0.95	0.97	0.95	1.00	0.89	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.97	0.98	0.96	0.86	1.00
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.99	0.92	0.89	1.00
มาก สุด	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.97	0.99	0.96	0.96	1.00
น้อย สุด	Precision	0.92	0.97	0.90	1.00	0.89	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.91	0.92	0.90	0.96	0.86	0.93
	F1-Score	0.96	0.94	0.92	0.95	0.92	0.89	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.95	0.99	0.94	1.00	0.90	0.96	0.98
	Recall	1.00	0.93	0.95	0.95	0.98	0.90	0.99
	F1-Score	0.97	0.96	0.95	0.98	0.94	0.93	0.98
S.D.	Precision	0.02	0.02	0.03	0.00	0.02	0.03	0.02
	Recall	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
	F1-Score	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02

ตารางที่ ข.39 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.90	1.00	0.96	0.97	1.00	0.88	0.88
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.95	0.97	0.98	0.99	1.00	0.94	0.90
2	Precision	0.90	1.00	0.96	1.00	1.00	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.97	1.00	0.94	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.95	0.98	0.98	0.97	1.00	0.98	0.96
3	Precision	1.00	0.97	0.96	0.97	1.00	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.96	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.95	0.96	0.99	1.00	0.96	0.94
4	Precision	1.00	1.00	0.96	0.94	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.98	0.97	1.00	0.96	0.98
5	Precision	1.00	1.00	0.95	0.89	0.93	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.88	0.91	1.00	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.94	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.98	0.98	0.99	1.00	0.98	0.98
น้อย สุด	Precision	0.90	0.97	0.95	0.89	0.93	0.88	0.88
	Recall	1.00	0.88	0.91	0.94	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.95	0.94	0.93	0.94	0.95	0.94	0.90
เฉลี่ย	Precision	0.96	0.99	0.96	0.95	0.99	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.93	0.97	0.99	0.99	1.00	0.94
	F1-Score	0.98	0.96	0.97	0.97	0.99	0.96	0.95
S.D.	Precision	0.05	0.01	0.00	0.04	0.03	0.03	0.05
	Recall	0.00	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00	0.02
	F1-Score	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03

จากตารางที่ ข.39 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดแอร์มีค่า Percision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมมีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟ เปิดทีวีและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดพัดลมได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.40 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.88	1.00	0.92	1.00	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.85	0.97	0.96	1.00	0.82	1.00
	F1-Score	0.94	0.92	0.95	0.98	0.96	0.88	1.00
2	Precision	0.97	1.00	0.90	1.00	1.00	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.94	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.94	0.97	1.00	0.97	1.00
3	Precision	0.95	1.00	0.95	1.00	0.93	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.94	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.97	0.97	0.95	0.97	0.96	0.93	0.98
4	Precision	0.97	1.00	0.97	0.98	0.89	0.96	1.00
	Recall	0.97	0.94	0.95	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.97	0.94	0.95	1.00
5	Precision	0.94	0.97	0.92	0.94	0.95	0.84	0.96
	Recall	0.92	0.91	0.95	0.94	0.80	0.93	0.96
	F1-Score	0.93	0.94	0.93	0.94	0.87	0.88	0.96
มากที่สุด	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.96	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.96	0.98	1.00	0.97	1.00

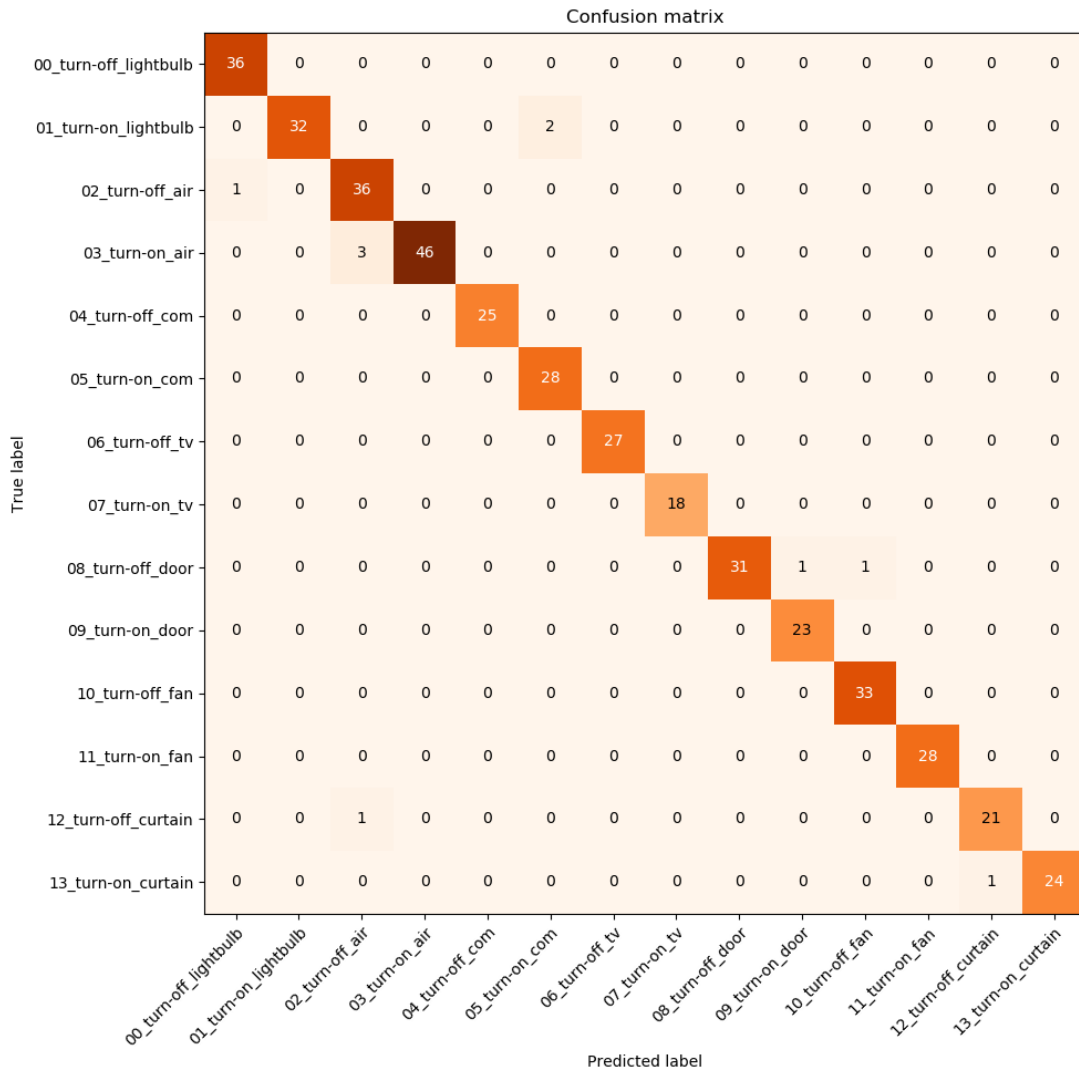
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย สุด	Precision	0.88	0.97	0.90	0.94	0.89	0.84	0.96
	Recall	0.92	0.85	0.95	0.94	0.80	0.82	0.96
	F1-Score	0.93	0.92	0.93	0.94	0.87	0.88	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.99	0.93	0.98	0.94	0.92	0.99
	Recall	0.98	0.92	0.96	0.95	0.96	0.92	0.98
	F1-Score	0.96	0.95	0.95	0.97	0.95	0.92	0.99
S.D.	Precision	0.04	0.01	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02
	Recall	0.03	0.04	0.01	0.01	0.09	0.06	0.02
	F1-Score	0.02	0.02	0.01	0.02	0.05	0.04	0.02

ตารางที่ ข.40 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

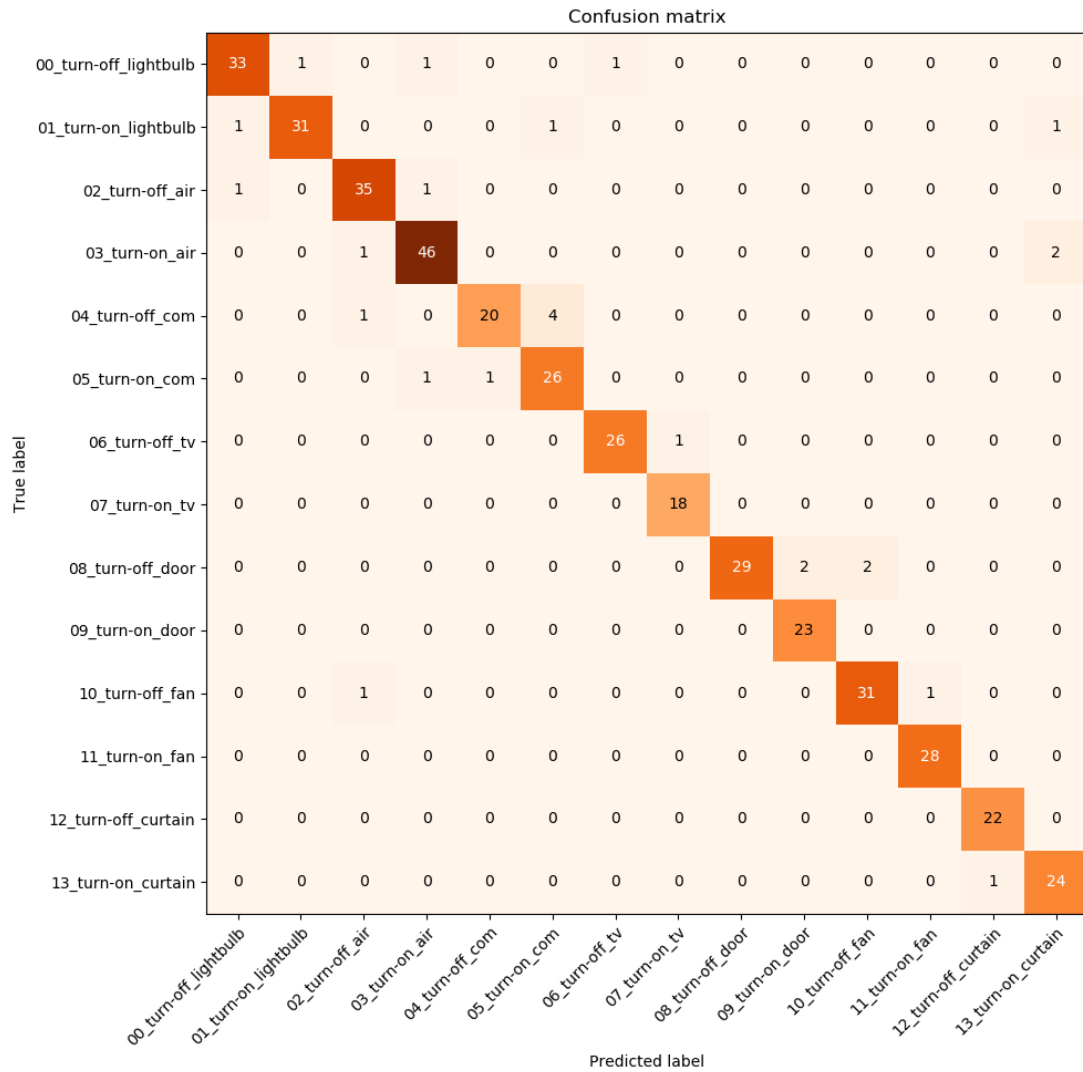
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.97	0.96	0.97	0.90	0.91	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.96	1.00	0.96	0.95	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.96	0.99	0.93	0.93	0.96
2	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.95	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	0.95	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.95	0.98
3	Precision	0.95	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.94
4	Precision	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00	0.85	0.96
	Recall	1.00	0.97	0.96	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.97	1.00	0.92	0.94
5	Precision	0.95	1.00	0.92	0.94	0.97	0.96	0.89
	Recall	1.00	0.88	1.00	0.94	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.94	0.98	0.98	0.92

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.95	0.97	0.92	0.94	0.90	0.85	0.89
	Recall	1.00	0.88	0.96	0.94	0.96	0.95	0.92
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.94	0.93	0.92	0.92
เฉลี่ย	Precision	0.98	0.99	0.96	0.96	0.97	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.98	0.98	0.99	0.98	0.94
	F1-Score	0.99	0.96	0.97	0.98	0.98	0.95	0.95
S.D.	Precision	0.03	0.02	0.03	0.01	0.04	0.04	0.04
	Recall	0.00	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
	F1-Score	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.40 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดไฟ ปิดทีวีและปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมและปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดไฟและเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีและเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี



รูปที่ ข.13 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ ข.14 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ตารางที่ ข.41 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้
อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.96	0.90	0.77	0.82	0.88	0.94	0.78
	Recall	0.94	0.91	1.00	0.96	0.98	0.70	0.86
	F1-Score	0.95	0.91	0.87	0.88	0.93	0.80	0.82
2	Precision	0.85	1.00	0.67	0.98	0.81	1.00	0.88
	Recall	0.94	0.85	0.96	0.83	0.98	0.76	0.86
	F1-Score	0.89	0.92	0.79	0.90	0.88	0.86	0.87
3	Precision	0.78	0.90	0.75	0.89	0.88	0.95	0.68
	Recall	0.86	0.91	0.94	0.85	0.96	0.78	0.98
	F1-Score	0.82	0.91	0.83	0.87	0.92	0.86	0.80
4	Precision	0.87	0.98	0.80	0.98	0.84	0.92	0.93
	Recall	0.96	0.91	1.00	0.89	0.98	0.72	0.95
	F1-Score	0.91	0.95	0.89	0.93	0.90	0.80	0.94
5	Precision	0.83	0.81	0.81	0.98	0.81	0.91	0.78
	Recall	0.88	0.91	1.00	0.87	1.00	0.87	0.83
	F1-Score	0.85	0.86	0.90	0.92	0.90	0.89	0.80
มาก สุด	Precision	0.96	1.00	0.81	0.98	0.88	1.00	0.93
	Recall	0.96	0.91	1.00	0.96	1.00	0.87	0.98
	F1-Score	0.95	0.95	0.90	0.93	0.93	0.89	0.94
น้อย สุด	Precision	0.78	0.81	0.67	0.82	0.81	0.91	0.68
	Recall	0.86	0.85	0.94	0.83	0.96	0.70	0.83
	F1-Score	0.82	0.86	0.79	0.87	0.88	0.80	0.80
เฉลี่ย	Precision	0.86	0.92	0.76	0.93	0.84	0.94	0.81
	Recall	0.92	0.90	0.98	0.88	0.98	0.77	0.90
	F1-Score	0.88	0.91	0.86	0.90	0.91	0.84	0.85
S.D.	Precision	0.07	0.08	0.06	0.07	0.04	0.04	0.10
	Recall	0.04	0.03	0.03	0.05	0.01	0.07	0.07
	F1-Score	0.05	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.06

ตารางที่ ข.41 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.88	1.00	0.95	0.83	0.82	0.93	1.00
	Recall	0.83	0.81	0.95	0.95	0.86	0.78	0.74
	F1-Score	0.85	0.89	0.95	0.89	0.84	0.85	0.85
2	Precision	0.88	0.89	0.93	0.83	0.89	0.83	0.97
	Recall	1.00	0.87	0.93	0.81	0.76	0.81	0.80
	F1-Score	0.94	0.88	0.93	0.82	0.82	0.82	0.88
3	Precision	0.97	0.91	0.95	0.75	0.91	0.86	1.00
	Recall	0.65	0.91	0.95	0.95	0.74	0.69	0.69
	F1-Score	0.78	0.91	0.95	0.84	0.82	0.77	0.81
4	Precision	0.96	0.85	0.97	0.79	0.88	0.83	0.96
	Recall	0.96	0.85	0.88	0.88	0.86	0.81	0.74
	F1-Score	0.96	0.85	0.92	0.83	0.87	0.82	0.84
5	Precision	0.86	0.91	0.95	0.77	0.91	0.85	0.96
	Recall	0.78	0.85	0.95	0.79	0.71	0.78	0.71
	F1-Score	0.82	0.88	0.95	0.78	0.80	0.81	0.82
มาก สุด	Precision	0.97	1.00	0.97	0.83	0.91	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.91	0.95	0.95	0.86	0.81	0.80
	F1-Score	0.96	0.91	0.95	0.89	0.87	0.85	0.88
น้อย สุด	Precision	0.86	0.85	0.93	0.75	0.82	0.83	0.96
	Recall	0.65	0.81	0.88	0.79	0.71	0.69	0.69
	F1-Score	0.78	0.85	0.92	0.78	0.80	0.77	0.81
เฉลี่ย	Precision	0.91	0.91	0.95	0.79	0.88	0.86	0.98
	Recall	0.84	0.86	0.93	0.88	0.79	0.77	0.74
	F1-Score	0.87	0.88	0.94	0.83	0.83	0.81	0.84
S.D.	Precision	0.05	0.05	0.01	0.04	0.04	0.04	0.02
	Recall	0.14	0.04	0.03	0.08	0.07	0.05	0.04
	F1-Score	0.08	0.02	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03

จากตารางที่ ข.41 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดม่าน มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์และปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วน ของ F1-Score เสียงพูดเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดประตูได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.42 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่ นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.84	0.86	0.76	0.92	0.88	1.00	0.88
	Recall	0.94	0.94	1.00	0.94	0.98	0.89	1.00
	F1-Score	0.88	0.90	0.86	0.93	0.93	0.94	0.93
2	Precision	0.84	0.96	0.77	0.93	0.84	1.00	0.90
	Recall	0.96	0.94	0.98	0.91	1.00	0.83	0.90
	F1-Score	0.90	0.95	0.86	0.92	0.91	0.90	0.90
3	Precision	0.86	0.96	0.82	0.98	0.81	0.97	0.78
	Recall	0.98	0.94	1.00	0.91	1.00	0.74	0.93
	F1-Score	0.91	0.95	0.90	0.95	0.90	0.84	0.85
4	Precision	0.90	0.90	0.81	0.92	0.72	0.93	0.97
	Recall	0.96	0.91	1.00	0.98	0.98	0.83	0.90
	F1-Score	0.93	0.91	0.90	0.95	0.83	0.87	0.94
5	Precision	0.90	0.92	0.81	0.90	0.90	0.95	0.88
	Recall	0.88	0.94	1.00	0.94	1.00	0.83	0.88
	F1-Score	0.89	0.93	0.90	0.92	0.95	0.88	0.88
มากที่สุด	Precision	0.90	0.96	0.82	0.98	0.90	1.00	0.97
	Recall	0.98	0.94	1.00	0.98	1.00	0.89	1.00
	F1-Score	0.93	0.95	0.90	0.95	0.95	0.94	0.94

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย สุด	Precision	0.84	0.86	0.76	0.90	0.72	0.93	0.78
	Recall	0.88	0.91	0.98	0.91	0.98	0.74	0.88
	F1-Score	0.88	0.90	0.86	0.92	0.83	0.84	0.85
เฉลี่ย	Precision	0.87	0.92	0.79	0.93	0.83	0.97	0.88
	Recall	0.94	0.93	1.00	0.94	0.99	0.82	0.92
	F1-Score	0.90	0.93	0.88	0.93	0.90	0.89	0.90
S.D.	Precision	0.03	0.04	0.03	0.03	0.07	0.03	0.07
	Recall	0.04	0.01	0.01	0.03	0.01	0.05	0.05
	F1-Score	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.04

ตารางที่ ข.42 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ถูกไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.98	0.95	0.89	1.00	0.80	1.00
	Recall	0.87	0.89	0.98	0.98	0.88	0.67	0.54
	F1-Score	0.93	0.93	0.96	0.93	0.94	0.73	0.70
2	Precision	0.96	0.96	0.93	0.86	0.97	0.90	0.96
	Recall	0.98	0.91	0.95	0.90	0.88	0.72	0.69
	F1-Score	0.97	0.93	0.94	0.88	0.92	0.80	0.80
3	Precision	0.92	0.95	0.89	0.77	0.91	0.81	1.00
	Recall	0.76	0.89	0.95	0.88	0.74	0.81	0.69
	F1-Score	0.83	0.92	0.92	0.82	0.82	0.81	0.81
4	Precision	0.92	0.93	0.91	0.72	0.97	0.87	0.96
	Recall	0.98	0.81	1.00	0.74	0.69	0.72	0.66
	F1-Score	0.95	0.86	0.95	0.73	0.81	0.79	0.78
5	Precision	0.89	1.00	0.89	0.95	0.97	0.86	0.90
	Recall	0.91	0.87	1.00	0.93	0.88	0.83	0.74
	F1-Score	0.90	0.93	0.94	0.94	0.92	0.85	0.81

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	0.90	1.00
	Recall	0.98	0.91	1.00	0.98	0.88	0.83	0.74
	F1-Score	0.97	0.93	0.96	0.94	0.94	0.85	0.81
น้อยที่สุด	Precision	0.89	0.93	0.89	0.72	0.91	0.80	0.90
	Recall	0.76	0.81	0.95	0.74	0.69	0.67	0.54
	F1-Score	0.83	0.86	0.92	0.73	0.81	0.73	0.70
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.96	0.91	0.84	0.96	0.85	0.96
	Recall	0.90	0.87	0.98	0.89	0.81	0.75	0.66
	F1-Score	0.92	0.91	0.94	0.86	0.88	0.80	0.78
S.D.	Precision	0.04	0.03	0.03	0.09	0.03	0.04	0.04
	Recall	0.09	0.04	0.03	0.09	0.09	0.07	0.08
	F1-Score	0.05	0.03	0.01	0.09	0.06	0.04	0.05

จากตารางที่ ข.42 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดคอม มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดประตูได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.43 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.79	0.86	0.71	0.94	0.85	1.00	0.92
	Recall	0.94	0.91	0.96	0.94	1.00	0.78	0.88
	F1-Score	0.86	0.89	0.82	0.94	0.92	0.88	0.90

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
2	Precision	0.83	0.83	0.77	0.98	0.96	0.96	0.88
	Recall	0.92	0.94	0.98	0.96	0.98	0.96	1.00
	F1-Score	0.87	0.88	0.86	0.97	0.97	0.96	0.93
3	Precision	0.92	0.95	0.74	0.96	0.85	1.00	0.93
	Recall	0.96	0.87	0.98	0.94	0.98	0.83	0.95
	F1-Score	0.94	0.91	0.84	0.95	0.91	0.90	0.94
4	Precision	0.82	0.92	0.80	0.88	0.84	1.00	0.88
	Recall	0.96	0.94	0.94	0.91	0.98	0.83	0.86
	F1-Score	0.89	0.93	0.86	0.90	0.90	0.90	0.87
5	Precision	0.92	0.94	0.68	0.76	0.94	0.95	0.88
	Recall	0.76	0.72	0.98	0.96	0.96	0.80	0.86
	F1-Score	0.83	0.82	0.80	0.85	0.95	0.87	0.87
มากที่สุด	Precision	0.92	0.95	0.80	0.98	0.96	1.00	0.93
	Recall	0.96	0.94	0.98	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.94	0.93	0.86	0.97	0.97	0.96	0.94
น้อยที่สุด	Precision	0.79	0.83	0.68	0.76	0.84	0.95	0.88
	Recall	0.76	0.72	0.94	0.91	0.96	0.78	0.86
	F1-Score	0.83	0.82	0.80	0.85	0.90	0.87	0.87
เฉลี่ย	Precision	0.86	0.90	0.74	0.90	0.89	0.98	0.90
	Recall	0.91	0.88	0.97	0.94	0.98	0.84	0.91
	F1-Score	0.88	0.89	0.84	0.92	0.93	0.90	0.90
S.D.	Precision	0.06	0.05	0.05	0.09	0.06	0.02	0.02
	Recall	0.08	0.09	0.02	0.02	0.01	0.07	0.06
	F1-Score	0.04	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03

ตารางที่ ข.43 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.90	0.95	0.92	0.80	0.84	0.88	1.00
	Recall	0.93	0.85	0.86	0.98	0.86	0.64	0.49
	F1-Score	0.91	0.90	0.89	0.88	0.85	0.74	0.65
2	Precision	1.00	0.94	0.95	0.72	0.95	0.93	1.00
	Recall	0.89	0.72	0.90	0.93	0.83	0.69	0.71
	F1-Score	0.94	0.82	0.93	0.81	0.89	0.79	0.83
3	Precision	0.93	0.88	0.97	0.74	1.00	0.94	1.00
	Recall	0.91	0.89	0.86	1.00	0.74	0.83	0.80
	F1-Score	0.92	0.88	0.91	0.85	0.85	0.88	0.89
4	Precision	0.88	0.98	0.93	0.87	1.00	0.87	0.96
	Recall	0.98	0.85	0.98	0.93	0.83	0.72	0.71
	F1-Score	0.93	0.91	0.95	0.90	0.91	0.79	0.82
5	Precision	0.85	0.93	1.00	0.77	1.00	0.93	0.75
	Recall	0.96	0.91	0.98	0.88	0.74	0.78	0.77
	F1-Score	0.90	0.92	0.99	0.82	0.85	0.85	0.76
มากที่สุด	Precision	1.00	0.98	1.00	0.87	1.00	0.94	1.00
	Recall	0.98	0.91	0.98	1.00	0.86	0.83	0.80
	F1-Score	0.94	0.92	0.99	0.90	0.91	0.88	0.89
น้อยที่สุด	Precision	0.85	0.88	0.92	0.72	0.84	0.87	0.75
	Recall	0.89	0.72	0.86	0.88	0.74	0.64	0.49
	F1-Score	0.90	0.82	0.89	0.81	0.85	0.74	0.65
เฉลี่ย	Precision	0.91	0.94	0.95	0.78	0.96	0.91	0.94
	Recall	0.93	0.84	0.92	0.94	0.80	0.73	0.70
	F1-Score	0.92	0.89	0.93	0.85	0.87	0.81	0.79
S.D.	Precision	0.06	0.04	0.03	0.06	0.07	0.03	0.11
	Recall	0.04	0.07	0.06	0.05	0.06	0.07	0.12
	F1-Score	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09

จากตารางที่ ข.43 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดคอม

มีค่า Percision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้พูดในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.44 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้
อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.85	0.95	0.73	0.81	0.70	0.85	0.89
	Recall	0.92	0.89	0.96	0.94	1.00	0.72	0.95
	F1-Score	0.88	0.92	0.83	0.87	0.82	0.78	0.92
2	Precision	0.88	0.90	0.80	0.84	0.90	0.92	0.82
	Recall	0.94	0.91	0.91	0.91	0.98	0.80	1.00
	F1-Score	0.91	0.91	0.85	0.88	0.94	0.86	0.90
3	Precision	0.81	0.98	0.74	0.98	0.78	1.00	0.80
	Recall	0.94	0.87	0.96	0.85	0.98	0.70	0.95
	F1-Score	0.87	0.92	0.83	0.91	0.87	0.82	0.87
4	Precision	0.84	0.98	0.75	0.90	0.90	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.83	0.94	0.94	0.98	0.74	0.93
	F1-Score	0.88	0.90	0.83	0.92	0.94	0.85	0.96
5	Precision	0.74	0.93	0.73	0.88	0.82	0.97	0.87
	Recall	0.88	0.85	1.00	0.94	0.98	0.72	0.81
	F1-Score	0.80	0.89	0.85	0.91	0.89	0.82	0.84
มากที่สุด	Precision	0.88	0.98	0.80	0.98	0.90	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.91	1.00	0.94	1.00	0.80	1.00
	F1-Score	0.91	0.92	0.85	0.92	0.94	0.86	0.96
น้อยที่สุด	Precision	0.74	0.90	0.73	0.81	0.70	0.85	0.80
	Recall	0.88	0.83	0.91	0.85	0.98	0.70	0.81

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.80	0.89	0.83	0.87	0.82	0.78	0.84
เฉลี่ย	Precision	0.82	0.95	0.75	0.88	0.82	0.95	0.88
	Recall	0.92	0.87	0.95	0.92	0.98	0.74	0.93
	F1-Score	0.87	0.91	0.84	0.90	0.89	0.83	0.90
S.D.	Precision	0.05	0.03	0.03	0.06	0.08	0.06	0.08
	Recall	0.03	0.03	0.03	0.04	0.01	0.04	0.07
	F1-Score	0.04	0.01	0.01	0.02	0.05	0.03	0.05

ตารางที่ ข.44 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.91	0.90	0.97	0.73	1.00	0.96	0.96
	Recall	0.91	0.81	0.88	0.88	0.62	0.64	0.66
	F1-Score	0.91	0.85	0.92	0.80	0.76	0.77	0.78
2	Precision	1.00	0.89	0.90	0.72	0.93	0.88	1.00
	Recall	0.93	0.83	0.86	0.86	0.64	0.83	0.80
	F1-Score	0.97	0.86	0.88	0.78	0.76	0.86	0.89
3	Precision	0.95	0.68	0.91	0.69	1.00	0.89	1.00
	Recall	0.76	0.91	0.74	0.79	0.64	0.86	0.83
	F1-Score	0.84	0.78	0.82	0.73	0.78	0.87	0.91
4	Precision	0.94	0.89	0.86	0.70	0.88	0.80	0.90
	Recall	0.98	0.85	0.88	0.90	0.71	0.78	0.74
	F1-Score	0.96	0.87	0.87	0.79	0.79	0.79	0.81
5	Precision	0.84	0.77	0.94	0.65	1.00	0.92	1.00
	Recall	0.91	0.87	0.76	0.88	0.67	0.67	0.66
	F1-Score	0.87	0.82	0.84	0.75	0.80	0.77	0.79
มากที่สุด	Precision	1.00	0.90	0.97	0.73	1.00	0.96	1.00
	Recall	0.98	0.91	0.88	0.90	0.71	0.86	0.83

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.97	0.87	0.92	0.80	0.80	0.87	0.91
น้อย สุด	Precision	0.84	0.68	0.86	0.65	0.88	0.80	0.90
	Recall	0.76	0.81	0.74	0.79	0.62	0.64	0.66
	F1-Score	0.84	0.78	0.82	0.73	0.76	0.77	0.78
เฉลี่ย	Precision	0.93	0.83	0.92	0.70	0.96	0.89	0.97
	Recall	0.90	0.85	0.82	0.86	0.66	0.76	0.74
	F1-Score	0.91	0.84	0.87	0.77	0.78	0.81	0.84
S.D.	Precision	0.06	0.10	0.04	0.03	0.05	0.06	0.04
	Recall	0.08	0.04	0.07	0.04	0.04	0.10	0.08
	F1-Score	0.06	0.04	0.04	0.03	0.02	0.05	0.06

จากตารางที่ ข.44 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดม่าน มีค่า Percision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟและเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟและเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.45 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.93	0.90	0.77	0.92	0.96	1.00	0.86
	Recall	0.88	0.96	0.98	0.94	1.00	0.80	0.90
	F1-Score	0.91	0.93	0.86	0.93	0.98	0.89	0.88
2	Precision	0.84	0.96	0.82	0.91	0.88	0.90	0.79
	Recall	0.94	0.91	0.98	0.89	0.96	0.80	0.98

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.88	0.93	0.89	0.90	0.92	0.85	0.87
3	Precision	0.85	0.96	0.81	0.92	0.92	1.00	0.93
	Recall	0.96	0.94	0.98	0.96	1.00	0.78	0.95
	F1-Score	0.90	0.95	0.88	0.94	0.96	0.88	0.94
4	Precision	0.87	0.94	0.83	0.98	0.95	0.95	0.86
	Recall	0.92	0.96	0.96	0.89	0.89	0.87	0.88
	F1-Score	0.89	0.95	0.89	0.93	0.92	0.91	0.87
5	Precision	0.92	0.94	0.72	0.96	0.86	1.00	0.91
	Recall	0.92	0.96	1.00	0.94	0.94	0.78	0.95
	F1-Score	0.92	0.95	0.84	0.95	0.90	0.88	0.93
มากที่สุด	Precision	0.93	0.96	0.83	0.98	0.96	1.00	0.93
	Recall	0.96	0.96	1.00	0.96	1.00	0.87	0.98
	F1-Score	0.92	0.95	0.89	0.95	0.98	0.91	0.94
น้อยที่สุด	Precision	0.84	0.90	0.72	0.91	0.86	0.90	0.79
	Recall	0.88	0.91	0.96	0.89	0.89	0.78	0.88
	F1-Score	0.88	0.93	0.84	0.90	0.90	0.85	0.87
เฉลี่ย	Precision	0.88	0.94	0.79	0.94	0.91	0.97	0.87
	Recall	0.92	0.95	0.98	0.92	0.96	0.81	0.93
	F1-Score	0.90	0.94	0.87	0.93	0.94	0.88	0.90
S.D.	Precision	0.04	0.02	0.05	0.03	0.04	0.04	0.05
	Recall	0.03	0.02	0.01	0.03	0.05	0.04	0.04
	F1-Score	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03

ตารางที่ ข.45 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.89	1.00	0.80	0.90	0.86	0.93	0.94
	Recall	0.91	0.79	0.98	0.88	0.90	0.78	0.83

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.90	0.88	0.88	0.89	0.88	0.85	0.88
2	Precision	0.97	0.91	0.95	0.84	0.87	0.86	0.90
	Recall	0.83	0.89	0.83	0.90	0.79	0.83	0.74
	F1-Score	0.89	0.90	0.89	0.87	0.82	0.85	0.81
3	Precision	0.94	0.91	0.98	0.83	0.89	0.88	0.96
	Recall	0.96	0.91	0.95	0.93	0.76	0.81	0.74
	F1-Score	0.95	0.91	0.96	0.88	0.82	0.84	0.84
4	Precision	0.89	1.00	0.93	0.75	0.89	0.94	0.88
	Recall	0.91	0.85	1.00	0.95	0.81	0.83	0.86
	F1-Score	0.90	0.92	0.97	0.84	0.85	0.88	0.87
5	Precision	0.96	1.00	0.97	0.70	0.88	0.89	0.86
	Recall	0.96	0.81	0.88	0.95	0.71	0.69	0.86
	F1-Score	0.96	0.89	0.92	0.81	0.79	0.78	0.86
มาก สุด	Precision	0.97	1.00	0.98	0.90	0.89	0.94	0.96
	Recall	0.96	0.91	1.00	0.95	0.90	0.83	0.86
	F1-Score	0.96	0.92	0.97	0.89	0.88	0.88	0.88
น้อย สุด	Precision	0.89	0.91	0.80	0.70	0.86	0.86	0.86
	Recall	0.83	0.79	0.83	0.88	0.71	0.69	0.74
	F1-Score	0.89	0.88	0.88	0.81	0.79	0.78	0.81
เฉลี่ย	Precision	0.93	0.96	0.93	0.80	0.88	0.90	0.91
	Recall	0.91	0.85	0.93	0.92	0.79	0.79	0.81
	F1-Score	0.92	0.90	0.92	0.86	0.83	0.84	0.85
S.D.	Precision	0.04	0.05	0.07	0.08	0.01	0.03	0.04
	Recall	0.05	0.05	0.07	0.03	0.07	0.06	0.06
	F1-Score	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03

จากตารางที่ ข.45 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาด เซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดคอม มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดพัดลมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วน

ของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟและปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟและปิดคอมได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ ข.46 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.79	1.00	0.85	1.00	0.92	1.00	0.95
	Recall	0.98	0.91	1.00	0.94	1.00	0.80	1.00
	F1-Score	0.87	0.96	0.92	0.97	0.96	0.89	0.98
2	Precision	0.88	0.88	0.73	0.95	0.96	0.93	0.93
	Recall	0.94	0.89	1.00	0.81	0.94	0.91	0.93
	F1-Score	0.91	0.88	0.85	0.87	0.95	0.92	0.93
3	Precision	0.76	0.90	0.90	1.00	0.87	0.90	1.00
	Recall	0.92	0.96	1.00	0.94	0.98	0.83	0.79
	F1-Score	0.83	0.93	0.95	0.97	0.92	0.86	0.88
4	Precision	0.88	1.00	0.81	0.89	0.85	1.00	0.91
	Recall	0.94	0.96	0.94	0.89	0.98	0.87	0.93
	F1-Score	0.91	0.98	0.87	0.89	0.91	0.93	0.92
5	Precision	0.79	0.86	0.75	0.92	0.94	0.69	0.93
	Recall	0.84	0.91	0.94	0.96	0.68	0.93	1.00
	F1-Score	0.81	0.89	0.83	0.94	0.79	0.80	0.97
มากที่สุด	Precision	0.88	1.00	0.90	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	0.98	0.96	1.00	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.91	0.98	0.95	0.97	0.96	0.93	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.76	0.86	0.73	0.89	0.85	0.69	0.91
	Recall	0.84	0.89	0.94	0.81	0.68	0.80	0.79
	F1-Score	0.81	0.88	0.83	0.87	0.79	0.80	0.88
เฉลี่ย	Precision	0.82	0.93	0.81	0.95	0.91	0.90	0.94

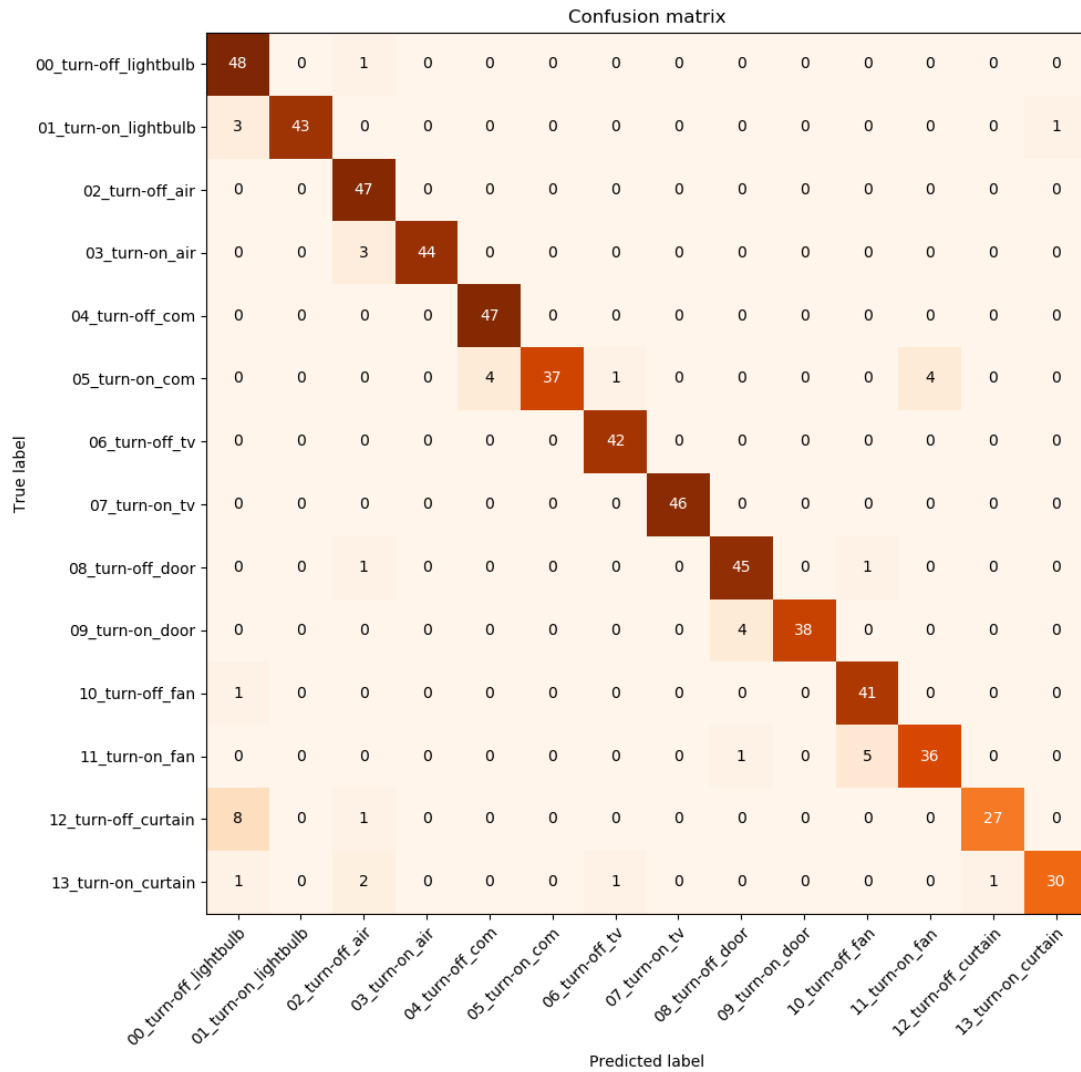
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
S.D.	Recall	0.92	0.93	0.98	0.91	0.92	0.87	0.93
	F1-Score	0.87	0.93	0.88	0.93	0.91	0.88	0.94
	Precision	0.06	0.07	0.07	0.05	0.05	0.13	0.03
S.D.	Recall	0.05	0.03	0.03	0.06	0.13	0.05	0.09
	F1-Score	0.05	0.04	0.05	0.05	0.07	0.05	0.04

ตารางที่ ข.46 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

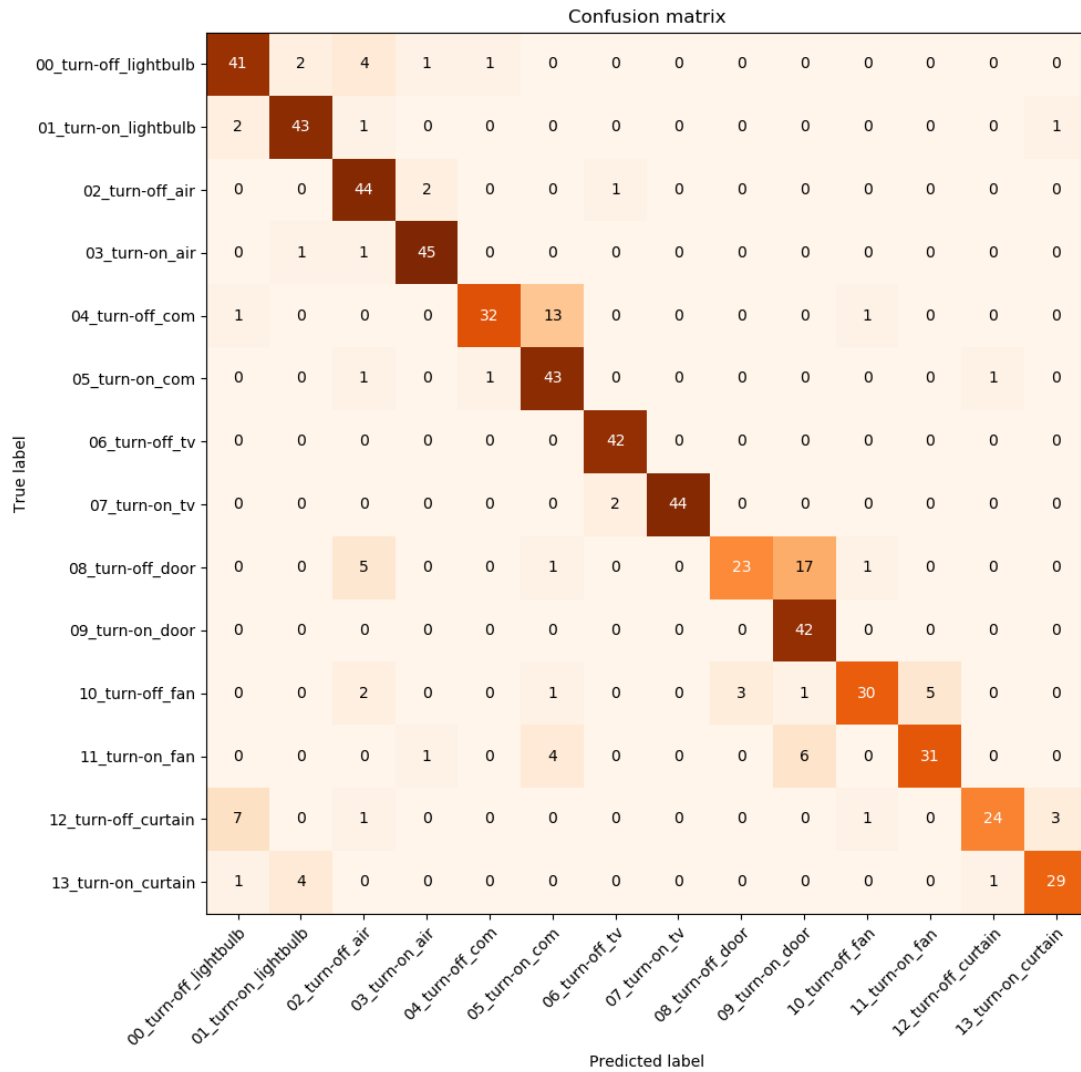
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.90	1.00	0.87	0.90	0.96	0.97
	Recall	1.00	0.96	0.90	0.98	0.86	0.75	0.86
	F1-Score	1.00	0.93	0.95	0.92	0.88	0.84	0.91
2	Precision	0.93	0.98	0.93	0.90	0.88	0.88	0.85
	Recall	0.91	0.87	0.90	0.86	0.90	0.81	0.83
	F1-Score	0.92	0.92	0.92	0.88	0.89	0.84	0.84
3	Precision	0.83	0.96	1.00	0.91	0.97	0.93	0.94
	Recall	0.98	0.94	1.00	0.95	0.81	0.72	0.89
	F1-Score	0.90	0.95	1.00	0.93	0.88	0.81	0.91
4	Precision	0.94	0.88	0.83	0.90	1.00	0.88	0.84
	Recall	1.00	0.89	0.95	0.86	0.74	0.81	0.74
	F1-Score	0.97	0.88	0.89	0.88	0.85	0.84	0.79
5	Precision	1.00	0.88	0.64	0.91	0.86	0.92	0.88
	Recall	0.96	0.49	1.00	0.71	0.74	0.67	0.83
	F1-Score	0.98	0.63	0.78	0.80	0.79	0.77	0.85
มาก สุด	Precision	1.00	0.98	1.00	0.91	1.00	0.96	0.97
	Recall	1.00	0.96	1.00	0.98	0.90	0.81	0.89
	F1-Score	1.00	0.95	1.00	0.93	0.89	0.84	0.91
	Precision	0.83	0.88	0.64	0.87	0.86	0.88	0.84

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
น้อย	Recall	0.91	0.49	0.90	0.71	0.74	0.67	0.74
	F1-Score	0.90	0.63	0.78	0.80	0.79	0.77	0.79
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.92	0.88	0.90	0.92	0.91	0.90
	Recall	0.97	0.83	0.95	0.87	0.81	0.75	0.83
	F1-Score	0.95	0.86	0.91	0.88	0.86	0.82	0.86
S.D.	Precision	0.07	0.05	0.15	0.02	0.06	0.03	0.06
	Recall	0.04	0.19	0.05	0.11	0.07	0.06	0.06
	F1-Score	0.04	0.13	0.08	0.05	0.04	0.03	0.05

จากตารางที่ ข.46 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดแอร์ มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดทีวีได้เป็นอย่างดี



รูปที่ ข.15 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ ข.16 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ตารางที่ ข.47 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่
ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.92	0.97	0.89	0.95	0.89	0.96	0.93
	Recall	0.97	0.88	0.92	0.82	1.00	0.86	1.00
	F1-Score	0.95	0.92	0.91	0.88	0.94	0.91	0.96
2	Precision	0.87	0.97	0.94	0.98	0.83	0.96	1.00
	Recall	0.92	0.94	0.81	0.92	1.00	0.86	0.93
	F1-Score	0.89	0.96	0.87	0.95	0.91	0.91	0.96
3	Precision	0.89	0.97	0.84	0.90	0.93	0.90	0.89
	Recall	0.89	0.85	0.84	0.88	1.00	0.93	0.93
	F1-Score	0.89	0.91	0.84	0.89	0.96	0.91	0.91
4	Precision	1.00	1.00	0.92	0.94	1.00	0.96	0.87
	Recall	0.94	0.94	0.95	0.94	0.96	0.93	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.93	0.94	0.98	0.95	0.93
5	Precision	0.89	0.97	0.97	0.91	0.86	1.00	0.96
	Recall	0.92	0.94	0.86	0.98	1.00	0.79	0.89
	F1-Score	0.90	0.96	0.91	0.94	0.93	0.88	0.92
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.97	0.94	0.95	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.93	0.95	0.98	0.95	0.96
น้อย สุด	Precision	0.87	0.97	0.84	0.90	0.83	0.90	0.87
	Recall	0.89	0.85	0.81	0.82	0.96	0.79	0.89
	F1-Score	0.89	0.91	0.84	0.88	0.91	0.88	0.91
เฉลี่ย	Precision	0.91	0.98	0.91	0.94	0.90	0.96	0.93
	Recall	0.93	0.91	0.88	0.91	0.99	0.87	0.95
	F1-Score	0.92	0.94	0.89	0.92	0.94	0.91	0.94
S.D.	Precision	0.05	0.01	0.05	0.03	0.07	0.04	0.05
	Recall	0.03	0.04	0.06	0.06	0.02	0.06	0.05
	F1-Score	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

ตารางที่ ข.47 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ถูก
มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.84	0.97	1.00	0.94	0.97	0.81	0.89
	Recall	0.89	0.97	0.91	0.91	1.00	0.95	0.96
	F1-Score	0.86	0.97	0.95	0.92	0.98	0.88	0.92
2	Precision	0.89	0.88	0.95	0.89	0.87	0.83	0.86
	Recall	0.94	0.91	0.78	0.94	0.93	0.91	0.96
	F1-Score	0.92	0.90	0.86	0.91	0.90	0.87	0.91
3	Precision	0.94	0.96	0.91	0.88	0.96	0.95	0.78
	Recall	0.89	0.82	0.91	0.91	0.96	0.91	1.00
	F1-Score	0.91	0.89	0.91	0.90	0.96	0.93	0.88
4	Precision	0.94	0.96	0.88	0.85	0.96	0.88	0.96
	Recall	0.89	0.79	0.91	1.00	0.89	1.00	0.96
	F1-Score	0.91	0.87	0.89	0.92	0.93	0.94	0.96
5	Precision	0.74	0.94	0.87	0.94	0.96	0.85	1.00
	Recall	0.94	0.88	0.87	0.94	0.96	1.00	0.88
	F1-Score	0.83	0.91	0.87	0.94	0.96	0.92	0.94
มากที่สุด	Precision	0.94	0.97	1.00	0.94	0.97	0.95	1.00
	Recall	0.94	0.97	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.92	0.97	0.95	0.94	0.98	0.94	0.96
น้อยที่สุด	Precision	0.74	0.88	0.87	0.85	0.87	0.81	0.78
	Recall	0.89	0.79	0.78	0.91	0.89	0.91	0.88
	F1-Score	0.83	0.87	0.86	0.90	0.90	0.87	0.88
เฉลี่ย	Precision	0.87	0.94	0.92	0.90	0.94	0.86	0.90
	Recall	0.91	0.87	0.88	0.94	0.95	0.95	0.95
	F1-Score	0.89	0.91	0.90	0.92	0.95	0.91	0.92
S.D.	Precision	0.08	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.09
	Recall	0.03	0.07	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01	0.03	0.03

จากตารางที่ ข.47 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดไฟมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมและปิดประตูมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์และเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.48 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	0.97	1.00	0.98	0.96	1.00	0.96
	Recall	0.97	0.88	0.97	0.96	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.97	0.92	0.99	0.97	0.98	0.96	0.96
2	Precision	0.97	1.00	0.97	0.96	0.89	0.96	0.93
	Recall	0.97	0.94	0.95	0.96	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.96	0.94	0.93	0.95
3	Precision	0.94	0.97	0.92	1.00	0.89	0.89	0.96
	Recall	0.94	0.94	0.95	0.92	1.00	0.89	0.93
	F1-Score	0.94	0.96	0.93	0.96	0.94	0.89	0.94
4	Precision	0.92	0.89	0.89	0.91	0.86	0.96	0.93
	Recall	1.00	0.94	0.86	0.88	0.96	0.82	0.93
	F1-Score	0.96	0.91	0.88	0.90	0.91	0.88	0.93
5	Precision	0.94	0.97	0.92	0.94	0.92	0.96	0.77
	Recall	0.86	0.97	0.92	0.94	0.96	0.86	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.90	0.97	0.92	0.94	0.94	0.91	0.87
มากที่สุด	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.96
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.99	0.97	0.98	0.96	0.96
น้อยที่สุด	Precision	0.92	0.89	0.89	0.91	0.86	0.89	0.77
	Recall	0.86	0.88	0.86	0.88	0.96	0.82	0.93
	F1-Score	0.90	0.91	0.88	0.90	0.91	0.88	0.87
เฉลี่ย	Precision	0.95	0.96	0.94	0.96	0.90	0.95	0.91
	Recall	0.95	0.93	0.93	0.93	0.98	0.88	0.96
	F1-Score	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.91	0.93
S.D.	Precision	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.08
	Recall	0.05	0.03	0.04	0.03	0.02	0.04	0.03
	F1-Score	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04

ตารางที่ ข.48 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนที่ถูกมืออยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสี่ยงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.81	0.89	0.96	0.97	0.90	0.92	0.96
	Recall	0.94	0.97	0.96	0.88	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.87	0.93	0.96	0.92	0.93	0.96	0.94
2	Precision	1.00	1.00	0.88	0.97	0.96	0.88	0.96
	Recall	0.89	0.91	1.00	0.97	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	0.94	0.95	0.94	0.97	0.96	0.94	0.96
3	Precision	0.81	0.97	0.92	0.91	1.00	0.92	1.00
	Recall	0.94	0.91	1.00	0.97	0.93	1.00	0.88
	F1-Score	0.87	0.94	0.96	0.94	0.96	0.96	0.94
4	Precision	0.88	1.00	0.91	0.97	0.93	0.92	1.00
	Recall	0.83	0.94	0.91	0.97	1.00	1.00	0.92

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.86	0.97	0.91	0.97	0.97	0.96	0.96
5	Precision	0.95	1.00	0.85	0.94	0.90	0.88	1.00
	Recall	1.00	0.79	0.96	0.94	0.96	0.95	0.84
	F1-Score	0.97	0.88	0.90	0.94	0.93	0.91	0.91
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.97	0.97	0.96	0.96
น้อย สุด	Precision	0.81	0.89	0.85	0.91	0.90	0.88	0.96
	Recall	0.83	0.79	0.91	0.88	0.93	0.95	0.84
	F1-Score	0.86	0.88	0.90	0.92	0.93	0.91	0.91
เฉลี่ย	Precision	0.89	0.97	0.90	0.95	0.94	0.90	0.98
	Recall	0.92	0.90	0.97	0.95	0.96	0.99	0.90
	F1-Score	0.90	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.94
S.D.	Precision	0.08	0.05	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02
	Recall	0.06	0.07	0.04	0.04	0.02	0.02	0.05
	F1-Score	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.48 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดไฟ เปิดไฟ เปิดแอร์ ปิดพัดลม เปิดพัดลมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดไฟ เปิดไฟ เปิดแอร์ ปิดพัดลม เปิดพัดลมและปิดม่านได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.49 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่
ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	1.00	0.96	0.93	1.00	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.92	0.94	1.00	0.86	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.96	0.95	0.96	0.92	0.98
2	Precision	0.92	1.00	0.90	1.00	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.90	1.00	0.96	0.96
	F1-Score	0.96	0.99	0.92	0.95	1.00	0.96	0.98
3	Precision	0.92	1.00	1.00	0.94	0.93	0.96	0.93
	Recall	0.97	0.91	0.92	0.98	1.00	0.86	1.00
	F1-Score	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.91	0.96
4	Precision	0.90	0.97	0.92	0.98	0.93	0.93	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.89	0.94	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.95	0.96	0.90	0.96	0.96	0.93	0.96
5	Precision	0.94	1.00	0.97	1.00	0.96	0.93	1.00
	Recall	0.94	1.00	0.92	0.98	1.00	0.89	1.00
	F1-Score	0.94	1.00	0.94	0.99	0.98	0.91	1.00
มาก สุด	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	1.00	0.95	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	1.00	0.96	0.99	1.00	0.96	1.00
น้อย สุด	Precision	0.90	0.97	0.90	0.94	0.93	0.93	0.93
	Recall	0.94	0.91	0.89	0.90	1.00	0.86	0.96
	F1-Score	0.94	0.95	0.90	0.95	0.96	0.91	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.93	0.99	0.96	0.98	0.95	0.96	0.97
	Recall	0.98	0.95	0.92	0.95	1.00	0.90	0.98
	F1-Score	0.96	0.97	0.94	0.96	0.97	0.93	0.98
S.D.	Precision	0.03	0.01	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03
	Recall	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.04	0.02
	F1-Score	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02

ตารางที่ ข.49 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.97	0.88	0.94	1.00	0.88	0.88
	Recall	1.00	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88
	F1-Score	1.00	0.94	0.94	0.97	1.00	0.94	0.88
2	Precision	0.94	1.00	0.96	0.94	0.93	0.92	0.92
	Recall	0.94	0.91	0.96	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.96	0.92
3	Precision	1.00	0.97	0.96	0.97	0.93	0.88	1.00
	Recall	0.94	0.94	0.96	1.00	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.95	0.96	0.99	0.95	0.94	0.96
4	Precision	0.94	0.97	0.95	0.91	1.00	0.92	0.96
	Recall	0.94	0.88	0.91	0.94	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.94	0.92	0.93	0.93	1.00	0.96	0.94
5	Precision	1.00	1.00	0.95	0.87	0.96	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.91	0.91	1.00	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.93	0.93	0.96	0.96	0.96
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.96	0.99	1.00	0.96	0.96
น้อย สุด	Precision	0.94	0.97	0.88	0.87	0.93	0.88	0.88
	Recall	0.94	0.88	0.91	0.94	0.96	1.00	0.88
	F1-Score	0.94	0.92	0.93	0.93	0.95	0.94	0.88
เฉลี่ย	Precision	0.98	0.98	0.94	0.93	0.96	0.90	0.94
	Recall	0.96	0.91	0.95	0.98	0.98	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.94	0.94	0.96	0.98	0.95	0.93
S.D.	Precision	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.05
	Recall	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02	0.00	0.03
	F1-Score	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03

จากตารางที่ ข.49 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดไฟมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีและเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีและเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.50 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่

นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.95	1.00	0.95	1.00	0.86	0.96	1.00
	Recall	0.97	0.94	0.97	0.96	1.00	0.89	1.00
	F1-Score	0.96	0.97	0.96	0.98	0.93	0.93	1.00
2	Precision	0.95	0.94	0.95	0.94	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.92	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.97	0.94	0.95	0.93	1.00	0.94	0.98
3	Precision	0.97	1.00	0.97	0.98	0.86	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.92	0.98	1.00	0.89	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.94	0.98	0.93	0.93	1.00
4	Precision	0.95	1.00	0.84	1.00	0.92	0.93	0.93
	Recall	0.97	0.94	0.97	0.84	0.96	0.89	1.00
	F1-Score	0.96	0.97	0.90	0.91	0.94	0.91	0.96
5	Precision	0.92	0.97	0.97	0.98	0.93	0.90	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.90	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.96	0.96	0.96	0.94	0.96	0.91	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
มากที่สุด	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.96	0.98	1.00	0.94	1.00
น้อยที่สุด	Precision	0.92	0.94	0.84	0.94	0.86	0.90	0.93
	Recall	0.97	0.94	0.92	0.84	0.96	0.89	0.96
	F1-Score	0.96	0.94	0.90	0.91	0.93	0.91	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.95	0.98	0.94	0.98	0.91	0.95	0.99
	Recall	0.99	0.95	0.95	0.92	0.99	0.90	0.99
	F1-Score	0.97	0.97	0.94	0.95	0.95	0.92	0.99
S.D.	Precision	0.02	0.03	0.05	0.02	0.06	0.04	0.03
	Recall	0.02	0.01	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02
	F1-Score	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02

ตารางที่ ข.50 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.96	0.94	0.97	0.95	0.96
	Recall	1.00	0.91	0.96	1.00	1.00	0.95	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.96	0.97	0.98	0.95	0.96
2	Precision	0.95	0.97	0.96	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.97	0.95	0.98	0.99	1.00	0.98	1.00
3	Precision	1.00	0.97	0.95	1.00	0.93	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.97	0.91	0.94	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.93	0.97	0.97	0.96	0.94
4	Precision	0.89	0.97	0.88	0.89	0.93	0.92	1.00
	Recall	0.94	0.88	0.96	0.97	0.89	1.00	0.88
	F1-Score	0.92	0.92	0.92	0.93	0.91	0.96	0.94
5	Precision	1.00	0.97	0.96	0.97	0.97	0.92	0.92

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.91	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.95	0.96	0.94	0.98	0.96	0.92
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	1.00
น้อยที่สุด	Precision	0.89	0.97	0.88	0.89	0.93	0.92	0.92
	Recall	0.94	0.88	0.91	0.91	0.89	0.95	0.88
	F1-Score	0.92	0.92	0.92	0.93	0.91	0.95	0.92
เฉลี่ย	Precision	0.97	0.98	0.94	0.95	0.96	0.93	0.97
	Recall	0.99	0.93	0.96	0.96	0.98	0.99	0.94
	F1-Score	0.98	0.95	0.95	0.96	0.97	0.96	0.95
S.D.	Precision	0.05	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03
	Recall	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	0.05
	F1-Score	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03

จากตารางที่ ข.50 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดปิดทีวีมีค่า Percision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมมีค่า Percision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟ ปิดคอม ปิดทีวี เปิดทีวีและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวีได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.51 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่
ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.95	0.97	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.97	0.91	0.97	0.98	1.00	0.96	0.96
	F1-Score	0.96	0.94	0.97	0.98	1.00	0.98	0.98
2	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	0.93
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.99	0.99	0.98	0.95	0.96
3	Precision	0.97	1.00	0.94	0.98	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.92	0.94	1.00	0.96	0.96
	F1-Score	0.99	0.99	0.93	0.96	0.98	0.96	0.98
4	Precision	0.97	1.00	0.94	0.98	0.89	0.83	0.86
	Recall	0.92	0.88	0.84	0.88	1.00	0.86	0.89
	F1-Score	0.94	0.94	0.89	0.92	0.94	0.84	0.87
5	Precision	0.97	1.00	0.94	1.00	0.89	0.96	0.96
	Recall	0.97	0.94	0.89	0.94	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.97	0.97	0.92	0.97	0.94	0.93	0.96
มาก สุด	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.98	0.98
น้อย สุด	Precision	0.95	0.97	0.94	0.98	0.89	0.83	0.86
	Recall	0.92	0.88	0.84	0.88	1.00	0.86	0.89
	F1-Score	0.94	0.94	0.89	0.92	0.94	0.84	0.87
เฉลี่ย	Precision	0.97	0.99	0.96	0.99	0.94	0.94	0.95
	Recall	0.97	0.93	0.92	0.94	1.00	0.92	0.95
	F1-Score	0.97	0.96	0.94	0.96	0.97	0.93	0.95
S.D.	Precision	0.01	0.01	0.03	0.01	0.05	0.06	0.06
	Recall	0.03	0.03	0.06	0.04	0.00	0.04	0.04
	F1-Score	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05

ตารางที่ ข.51 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	0.97	0.96	0.97	1.00	0.96	0.92
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.98	0.99	1.00	0.98	0.94
2	Precision	1.00	1.00	0.92	0.97	1.00	0.85	0.95
	Recall	1.00	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84
	F1-Score	1.00	0.95	0.96	0.99	1.00	0.92	0.89
3	Precision	0.95	1.00	0.92	0.97	0.96	0.85	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.96	1.00	0.96	1.00	0.88
	F1-Score	0.97	0.97	0.94	0.99	0.96	0.92	0.92
4	Precision	0.69	1.00	0.96	0.97	0.93	0.88	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.97	1.00	1.00	0.88
	F1-Score	0.82	0.97	0.98	0.97	0.97	0.94	0.92
5	Precision	0.89	0.91	0.92	0.97	1.00	0.85	0.88
	Recall	0.89	0.94	1.00	0.94	1.00	1.00	0.88
	F1-Score	0.89	0.93	0.96	0.95	1.00	0.92	0.88
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	0.94
น้อย สุด	Precision	0.69	0.91	0.92	0.97	0.93	0.85	0.88
	Recall	0.89	0.91	0.96	0.94	0.96	1.00	0.84
	F1-Score	0.82	0.93	0.94	0.95	0.96	0.92	0.88
เฉลี่ย	Precision	0.91	0.98	0.94	0.97	0.98	0.88	0.93
	Recall	0.98	0.93	0.99	0.98	0.99	1.00	0.89
	F1-Score	0.94	0.95	0.96	0.98	0.99	0.94	0.91
S.D.	Precision	0.13	0.04	0.02	0.00	0.03	0.05	0.03
	Recall	0.05	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.04
	F1-Score	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02

จากตารางที่ ข.51 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดไฟและเปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.52 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.95	0.97	0.97	1.00	0.96	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.97	0.92	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.97	0.96	0.97	0.96	0.98	0.96	0.98
2	Precision	0.97	0.97	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00
	Recall	0.97	0.97	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.97	0.97	0.97	0.99	0.96	0.96	1.00
3	Precision	0.97	1.00	0.97	0.96	0.96	0.93	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.96	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.99	0.99	0.96	0.96	0.98	0.93	0.98
4	Precision	0.90	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.95	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	1.00
5	Precision	0.97	1.00	0.95	0.98	0.96	0.96	0.96
	Recall	1.00	1.00	0.95	0.96	1.00	0.86	0.96
	F1-Score	0.99	1.00	0.95	0.97	0.98	0.91	0.96
มากที่สุด	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	1.00

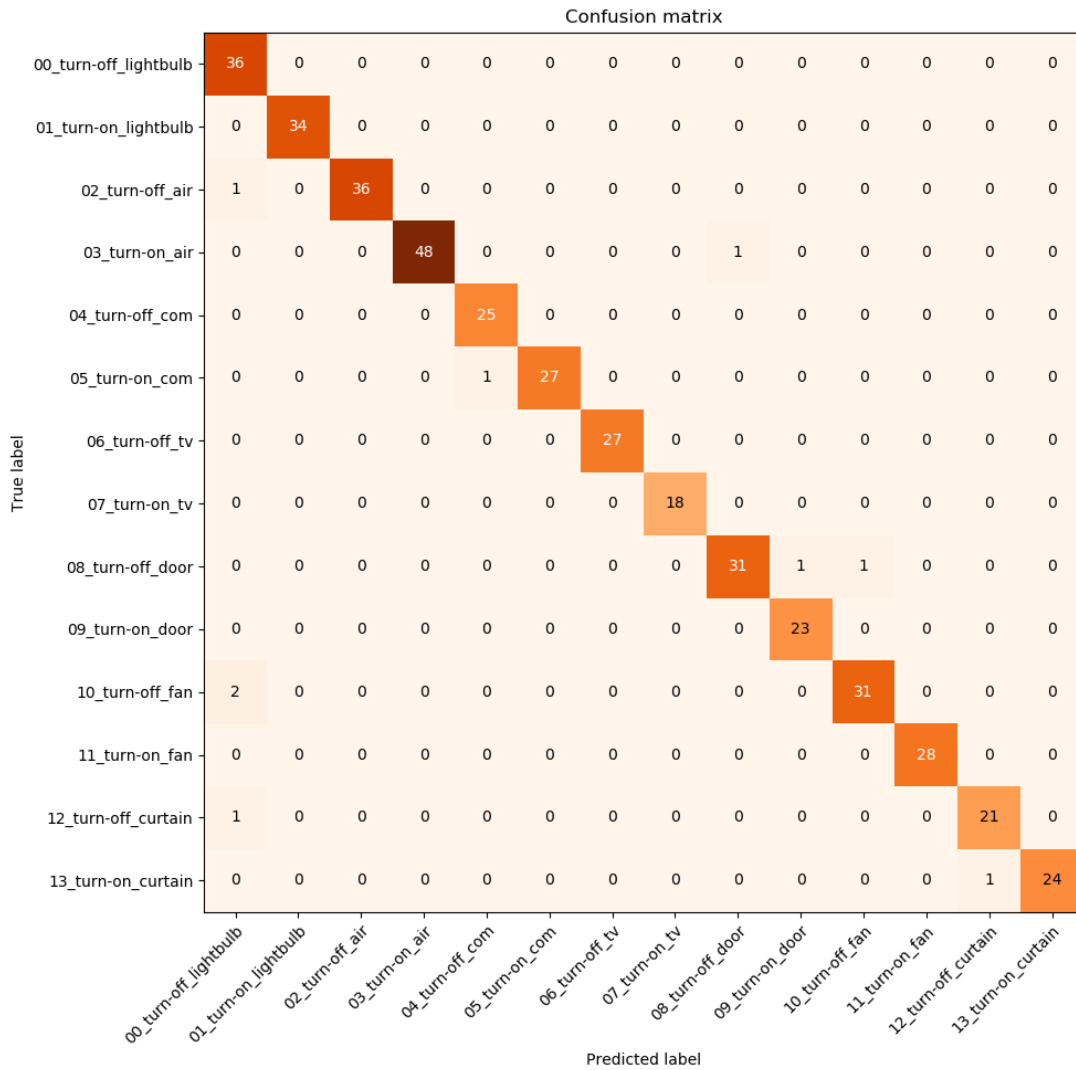
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
น้อย สุด	Precision	0.90	0.97	0.95	0.96	0.93	0.93	0.96
	Recall	0.97	0.94	0.95	0.92	1.00	0.86	0.96
	F1-Score	0.95	0.96	0.95	0.96	0.96	0.91	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.95	0.99	0.97	0.99	0.95	0.96	0.98
	Recall	0.99	0.98	0.96	0.96	1.00	0.93	0.98
	F1-Score	0.97	0.98	0.97	0.97	0.98	0.95	0.98
S.D.	Precision	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
	Recall	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.04	0.02
	F1-Score	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02

ตารางที่ ข.52 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

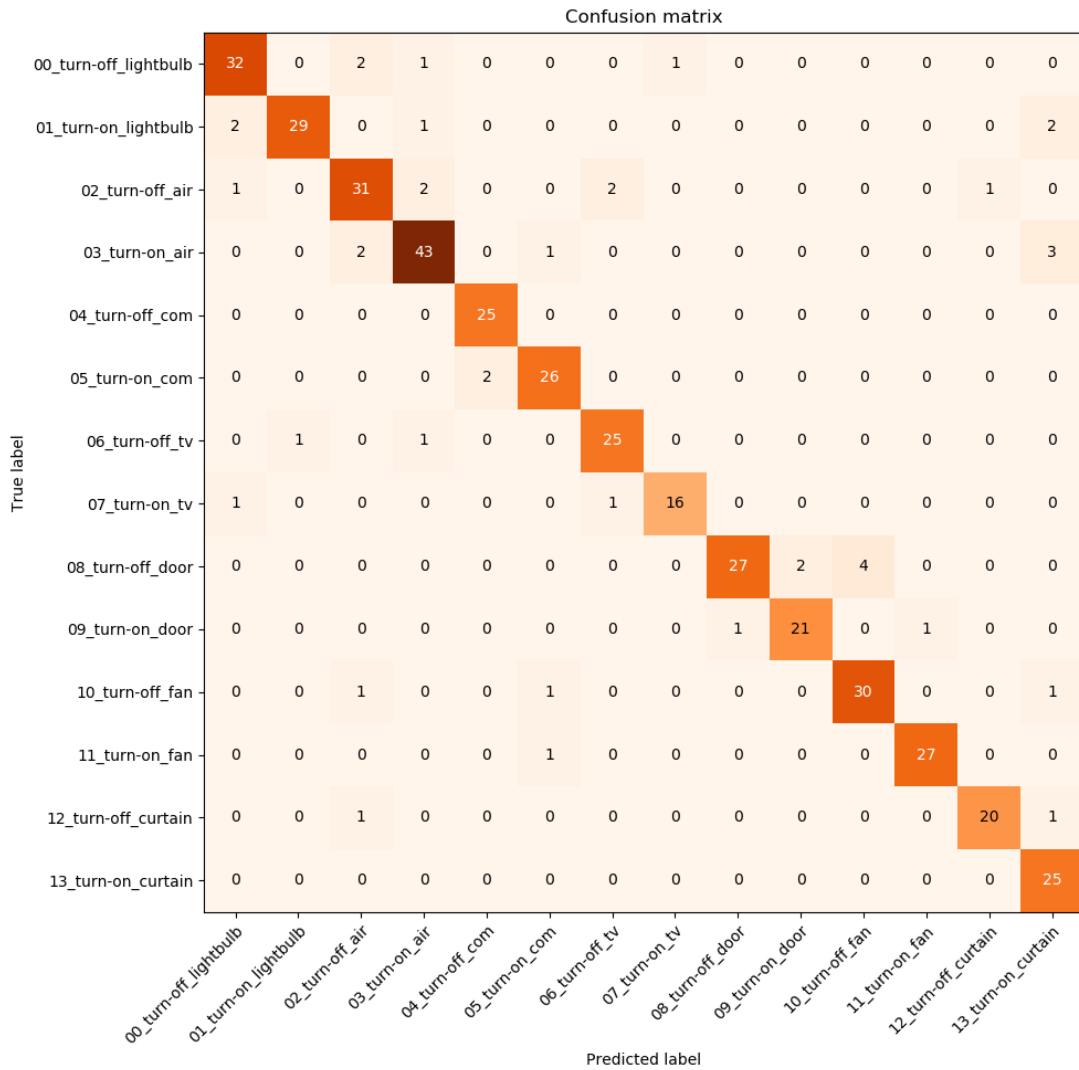
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.90	1.00	0.92	0.94	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.88	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.95	0.94	0.94	0.97	1.00	1.00	1.00
2	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	0.97	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98
3	Precision	0.95	1.00	0.92	0.94	0.97	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.91	1.00	0.97	1.00	1.00	0.88
	F1-Score	0.97	0.95	0.96	0.96	0.98	0.96	0.94
4	Precision	1.00	0.97	0.96	0.97	1.00	0.95	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.94	1.00	0.95	0.96
	F1-Score	1.00	0.95	0.98	0.95	1.00	0.95	0.98
5	Precision	0.94	0.97	0.96	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	0.94	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.94	0.95	0.98	0.99	1.00	0.96	0.98

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00
น้อยที่สุด	Precision	0.90	0.97	0.92	0.94	0.97	0.92	1.00
	Recall	0.94	0.88	0.96	0.94	1.00	0.95	0.88
	F1-Score	0.94	0.94	0.94	0.95	0.98	0.95	0.94
เฉลี่ย	Precision	0.96	0.99	0.94	0.96	0.99	0.95	1.00
	Recall	0.99	0.92	0.98	0.98	1.00	0.99	0.95
	F1-Score	0.97	0.95	0.96	0.97	0.99	0.97	0.98
S.D.	Precision	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00
	Recall	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.02	0.04
	F1-Score	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.52 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน เสียงพูดเปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมและเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดประตูมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมและปิดประตูมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ ข.17 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน



รูปที่ ข.18 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ตารางที่ ข.53 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้
อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.69	0.89	0.74	0.95	0.80	0.97	0.81
	Recall	0.88	0.89	0.91	0.74	1.00	0.76	0.93
	F1-Score	0.77	0.89	0.82	0.83	0.89	0.85	0.87
2	Precision	0.77	0.84	0.61	0.92	0.81	0.94	0.76
	Recall	0.82	0.89	0.89	0.74	0.91	0.72	0.88
	F1-Score	0.79	0.87	0.72	0.82	0.86	0.81	0.81
3	Precision	0.82	0.92	0.68	0.80	0.88	0.82	0.80
	Recall	0.84	0.94	0.81	0.83	0.94	0.89	0.86
	F1-Score	0.83	0.93	0.74	0.81	0.91	0.85	0.83
4	Precision	0.85	0.91	0.73	0.82	0.88	0.87	0.69
	Recall	0.94	0.91	0.96	0.89	0.96	0.85	0.81
	F1-Score	0.89	0.91	0.83	0.86	0.92	0.86	0.75
5	Precision	0.80	0.83	0.78	0.88	0.75	0.89	0.85
	Recall	0.88	0.85	0.96	0.79	1.00	0.54	0.83
	F1-Score	0.83	0.84	0.86	0.83	0.85	0.68	0.84
มาก สุด	Precision	0.85	0.92	0.78	0.95	0.88	0.97	0.85
	Recall	0.94	0.94	0.96	0.89	1.00	0.89	0.93
	F1-Score	0.89	0.93	0.86	0.86	0.92	0.86	0.87
น้อย สุด	Precision	0.69	0.83	0.61	0.80	0.75	0.82	0.69
	Recall	0.82	0.85	0.81	0.74	0.91	0.54	0.81
	F1-Score	0.77	0.84	0.72	0.81	0.85	0.68	0.75
เฉลี่ย	Precision	0.79	0.88	0.71	0.87	0.82	0.90	0.78
	Recall	0.87	0.90	0.91	0.80	0.96	0.75	0.86
	F1-Score	0.82	0.89	0.79	0.83	0.89	0.81	0.82
S.D.	Precision	0.06	0.04	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
	Recall	0.05	0.03	0.06	0.06	0.04	0.14	0.05
	F1-Score	0.05	0.03	0.06	0.02	0.03	0.08	0.04

ตารางที่ ข.53 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.92	0.89	0.98	0.80	0.97	0.77	0.90
	Recall	0.80	0.89	0.93	0.93	0.83	0.75	0.54
	F1-Score	0.86	0.89	0.95	0.86	0.90	0.76	0.68
2	Precision	0.85	0.95	0.87	0.70	0.84	0.69	0.77
	Recall	0.76	0.74	0.93	0.90	0.74	0.56	0.57
	F1-Score	0.80	0.83	0.90	0.79	0.78	0.62	0.66
3	Precision	0.89	0.97	0.87	0.73	0.81	0.86	0.84
	Recall	0.85	0.70	0.95	0.88	0.62	0.67	0.77
	F1-Score	0.87	0.81	0.91	0.80	0.70	0.75	0.81
4	Precision	0.80	0.94	0.92	0.64	0.96	0.70	0.91
	Recall	0.72	0.72	0.88	0.90	0.57	0.64	0.57
	F1-Score	0.76	0.82	0.90	0.75	0.72	0.67	0.70
5	Precision	0.84	0.84	0.84	0.72	0.79	0.76	0.86
	Recall	0.80	0.68	0.88	0.86	0.79	0.72	0.71
	F1-Score	0.82	0.75	0.86	0.78	0.79	0.74	0.78
มาก สุด	Precision	0.92	0.97	0.98	0.80	0.97	0.86	0.91
	Recall	0.85	0.89	0.95	0.93	0.83	0.75	0.77
	F1-Score	0.87	0.89	0.95	0.86	0.90	0.76	0.81
น้อย สุด	Precision	0.80	0.84	0.84	0.64	0.79	0.69	0.77
	Recall	0.72	0.68	0.88	0.86	0.57	0.56	0.54
	F1-Score	0.76	0.75	0.86	0.75	0.70	0.62	0.66
เฉลี่ย	Precision	0.86	0.92	0.90	0.72	0.87	0.76	0.86
	Recall	0.79	0.75	0.91	0.89	0.71	0.67	0.63
	F1-Score	0.82	0.82	0.90	0.80	0.78	0.71	0.73
S.D.	Precision	0.05	0.05	0.06	0.06	0.09	0.07	0.06
	Recall	0.05	0.08	0.03	0.03	0.11	0.07	0.10
	F1-Score	0.04	0.05	0.03	0.04	0.08	0.06	0.07

จากตารางที่ ข.53 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดปิดประตู มีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่า โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดม่านและเปิดม่านที่ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ข.54 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.90	0.91	0.72	0.90	0.87	1.00	0.68
	Recall	0.92	0.91	0.91	0.91	0.96	0.80	0.86
	F1-Score	0.91	0.91	0.80	0.91	0.91	0.89	0.76
2	Precision	0.87	0.94	0.75	0.87	0.88	0.93	0.94
	Recall	0.94	0.94	0.98	0.96	0.98	0.89	0.76
	F1-Score	0.90	0.94	0.85	0.91	0.93	0.91	0.84
3	Precision	0.92	0.98	0.78	0.91	0.92	0.98	0.86
	Recall	0.96	0.94	0.96	0.89	0.96	0.89	0.74
	F1-Score	0.94	0.96	0.86	0.90	0.94	0.93	0.79
4	Precision	0.86	0.86	0.81	0.84	0.79	0.86	0.79
	Recall	0.90	0.89	0.83	0.91	0.96	0.83	0.88
	F1-Score	0.88	0.88	0.82	0.88	0.87	0.84	0.83
5	Precision	0.73	0.86	0.66	0.88	0.82	0.97	0.70
	Recall	0.78	0.89	0.94	0.89	0.77	0.70	0.88
	F1-Score	0.75	0.88	0.77	0.88	0.79	0.81	0.78
มากที่สุด	Precision	0.92	0.98	0.81	0.91	0.92	1.00	0.94
	Recall	0.96	0.94	0.98	0.96	0.98	0.89	0.88

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.94	0.96	0.86	0.91	0.94	0.93	0.84
น้อย สุด	Precision	0.73	0.86	0.66	0.84	0.79	0.86	0.68
	Recall	0.78	0.89	0.83	0.89	0.77	0.70	0.74
	F1-Score	0.75	0.88	0.77	0.88	0.79	0.81	0.76
เฉลี่ย	Precision	0.86	0.91	0.74	0.88	0.86	0.95	0.79
	Recall	0.90	0.91	0.92	0.91	0.93	0.82	0.82
	F1-Score	0.88	0.91	0.82	0.90	0.89	0.88	0.80
S.D.	Precision	0.07	0.05	0.06	0.03	0.05	0.06	0.11
	Recall	0.07	0.03	0.06	0.03	0.09	0.08	0.07
	F1-Score	0.07	0.04	0.04	0.02	0.06	0.05	0.03

ตารางที่ ข.54 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.86	0.95	0.88	0.81	0.88	0.84	0.81
	Recall	0.70	0.79	1.00	0.81	0.90	0.75	0.63
	F1-Score	0.77	0.86	0.93	0.81	0.89	0.79	0.71
2	Precision	0.83	1.00	0.93	0.80	0.94	0.82	1.00
	Recall	0.98	0.83	0.95	0.95	0.74	0.75	0.57
	F1-Score	0.90	0.91	0.94	0.87	0.83	0.78	0.73
3	Precision	0.80	0.97	0.95	0.69	0.97	0.83	0.96
	Recall	0.89	0.81	0.98	1.00	0.71	0.81	0.77
	F1-Score	0.85	0.88	0.96	0.82	0.82	0.82	0.86
4	Precision	0.94	0.97	0.86	0.80	0.75	0.82	0.92
	Recall	0.72	0.81	0.86	0.86	0.79	0.86	0.66
	F1-Score	0.81	0.88	0.86	0.83	0.77	0.84	0.77
5	Precision	0.87	0.93	0.78	0.72	0.86	0.81	0.89
	Recall	0.87	0.60	0.93	0.90	0.74	0.61	0.69

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.87	0.73	0.85	0.80	0.79	0.70	0.77
มากที่สุด	Precision	0.94	1.00	0.95	0.81	0.97	0.84	1.00
	Recall	0.98	0.83	1.00	1.00	0.90	0.86	0.77
	F1-Score	0.90	0.91	0.96	0.87	0.89	0.84	0.86
น้อยที่สุด	Precision	0.80	0.93	0.78	0.69	0.75	0.81	0.81
	Recall	0.70	0.60	0.86	0.81	0.71	0.61	0.57
	F1-Score	0.77	0.73	0.85	0.80	0.77	0.70	0.71
เฉลี่ย	Precision	0.86	0.96	0.88	0.76	0.88	0.82	0.92
	Recall	0.83	0.77	0.94	0.90	0.78	0.76	0.66
	F1-Score	0.84	0.85	0.91	0.83	0.82	0.79	0.77
S.D.	Precision	0.05	0.03	0.07	0.06	0.09	0.01	0.07
	Recall	0.12	0.09	0.05	0.07	0.08	0.09	0.07
	F1-Score	0.05	0.07	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06

จากตารางที่ ข.54 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดเปิดประตุมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดไฟและเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดไฟและเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.55 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.83	0.91	0.84	0.90	0.92	1.00	0.89
	Recall	0.98	0.91	1.00	0.96	1.00	0.87	0.79

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.90	0.91	0.91	0.93	0.96	0.93	0.84
2	Precision	0.81	0.92	0.85	0.95	0.82	0.98	0.97
	Recall	0.88	0.94	0.98	0.89	1.00	0.87	0.79
	F1-Score	0.84	0.93	0.91	0.92	0.90	0.92	0.87
3	Precision	0.87	0.82	0.84	0.91	0.89	0.95	0.97
	Recall	0.84	0.89	0.98	0.91	1.00	0.91	0.81
	F1-Score	0.85	0.86	0.90	0.91	0.94	0.93	0.88
4	Precision	0.85	0.91	0.81	0.98	0.81	1.00	0.90
	Recall	0.94	0.91	0.98	0.94	0.98	0.74	0.88
	F1-Score	0.89	0.91	0.88	0.96	0.88	0.85	0.89
5	Precision	0.83	0.91	0.74	0.90	0.87	0.95	0.83
	Recall	0.92	0.89	0.96	0.94	0.96	0.87	0.83
	F1-Score	0.87	0.90	0.83	0.92	0.91	0.91	0.83
มากที่สุด	Precision	0.87	0.92	0.85	0.98	0.92	1.00	0.97
	Recall	0.98	0.94	1.00	0.96	1.00	0.91	0.88
	F1-Score	0.90	0.93	0.91	0.96	0.96	0.93	0.89
น้อยที่สุด	Precision	0.81	0.82	0.74	0.90	0.81	0.95	0.83
	Recall	0.84	0.89	0.96	0.89	0.96	0.74	0.79
	F1-Score	0.84	0.86	0.83	0.91	0.88	0.85	0.83
เฉลี่ย	Precision	0.84	0.89	0.82	0.93	0.86	0.98	0.91
	Recall	0.91	0.91	0.98	0.93	0.99	0.85	0.82
	F1-Score	0.87	0.90	0.89	0.93	0.92	0.91	0.86
S.D.	Precision	0.02	0.04	0.05	0.04	0.05	0.03	0.06
	Recall	0.05	0.02	0.01	0.03	0.02	0.06	0.04
	F1-Score	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03

ตารางที่ ข.55 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.89	0.88	0.97	0.68	0.94	0.84	0.95
	Recall	0.91	0.81	0.88	0.93	0.69	0.89	0.60
	F1-Score	0.90	0.84	0.92	0.79	0.79	0.86	0.74
2	Precision	0.81	0.95	0.91	0.79	0.92	0.68	0.90
	Recall	0.96	0.74	0.98	0.88	0.88	0.75	0.54
	F1-Score	0.88	0.83	0.94	0.83	0.90	0.71	0.68
3	Precision	0.83	0.90	0.93	0.76	0.89	0.88	0.90
	Recall	0.98	0.74	0.98	0.83	0.79	0.83	0.74
	F1-Score	0.90	0.81	0.95	0.80	0.84	0.86	0.81
4	Precision	0.90	0.90	1.00	0.80	0.87	0.90	0.97
	Recall	0.96	0.77	0.86	0.98	0.93	0.72	0.83
	F1-Score	0.93	0.83	0.92	0.88	0.90	0.80	0.89
5	Precision	0.87	0.91	0.97	0.78	1.00	0.84	0.92
	Recall	0.87	0.85	0.90	0.90	0.81	0.75	0.66
	F1-Score	0.87	0.88	0.94	0.84	0.89	0.79	0.77
มาก สุด	Precision	0.90	0.95	1.00	0.80	1.00	0.90	0.97
	Recall	0.98	0.85	0.98	0.98	0.93	0.89	0.83
	F1-Score	0.93	0.88	0.95	0.88	0.90	0.86	0.89
น้อย สุด	Precision	0.81	0.88	0.91	0.68	0.87	0.68	0.90
	Recall	0.87	0.74	0.86	0.83	0.69	0.72	0.54
	F1-Score	0.87	0.81	0.92	0.79	0.79	0.71	0.68
เฉลี่ย	Precision	0.86	0.91	0.96	0.76	0.92	0.83	0.93
	Recall	0.94	0.78	0.92	0.90	0.82	0.79	0.67
	F1-Score	0.90	0.84	0.93	0.83	0.86	0.80	0.78
S.D.	Precision	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.09	0.03
	Recall	0.05	0.05	0.06	0.06	0.09	0.07	0.11
	F1-Score	0.02	0.03	0.01	0.04	0.05	0.06	0.08

จากตารางที่ ข.55 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดพัคคมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดแอร์และเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดแอร์และเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.56 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.84	0.90	0.84	1.00	0.89	1.00	1.00
	Recall	0.98	0.96	1.00	0.89	1.00	0.89	0.74
	F1-Score	0.91	0.93	0.91	0.94	0.94	0.94	0.85
2	Precision	0.88	0.96	0.77	0.95	0.87	1.00	0.92
	Recall	0.94	0.94	0.98	0.89	1.00	0.85	0.88
	F1-Score	0.91	0.95	0.86	0.92	0.93	0.92	0.90
3	Precision	0.82	0.89	0.78	0.93	0.85	1.00	0.88
	Recall	0.96	0.89	0.96	0.87	1.00	0.78	0.83
	F1-Score	0.89	0.89	0.86	0.90	0.92	0.88	0.85
4	Precision	0.86	0.86	0.64	0.93	0.90	0.89	0.88
	Recall	0.90	0.94	1.00	0.91	0.98	0.87	0.88
	F1-Score	0.88	0.90	0.78	0.92	0.94	0.88	0.88
5	Precision	0.84	0.92	0.73	0.93	0.89	0.95	1.00
	Recall	0.98	0.94	0.98	0.85	1.00	0.87	0.88
	F1-Score	0.91	0.93	0.84	0.89	0.94	0.91	0.94
มากที่สุด	Precision	0.88	0.96	0.84	1.00	0.90	1.00	1.00
	Recall	0.98	0.96	1.00	0.91	1.00	0.89	0.88

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.91	0.95	0.91	0.94	0.94	0.94	0.94
น้อย สุด	Precision	0.82	0.86	0.64	0.93	0.85	0.89	0.88
	Recall	0.90	0.89	0.96	0.85	0.98	0.78	0.74
	F1-Score	0.88	0.89	0.78	0.89	0.92	0.88	0.85
เฉลี่ย	Precision	0.85	0.91	0.75	0.95	0.88	0.97	0.94
	Recall	0.95	0.93	0.98	0.88	1.00	0.85	0.84
	F1-Score	0.90	0.92	0.85	0.91	0.93	0.91	0.88
S.D.	Precision	0.02	0.04	0.07	0.03	0.02	0.05	0.06
	Recall	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04	0.06
	F1-Score	0.01	0.02	0.05	0.02	0.01	0.03	0.04

ตารางที่ ข.56 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.81	0.94	0.89	0.83	0.98	0.88	0.92
	Recall	1.00	0.68	0.95	0.95	0.98	0.81	0.69
	F1-Score	0.89	0.79	0.92	0.89	0.98	0.84	0.79
2	Precision	0.89	0.95	0.87	0.79	0.92	0.83	0.93
	Recall	0.87	0.79	0.98	0.90	0.81	0.83	0.74
	F1-Score	0.88	0.86	0.92	0.84	0.86	0.83	0.83
3	Precision	0.87	0.84	0.92	0.76	0.94	0.71	0.86
	Recall	0.89	0.87	0.83	0.93	0.74	0.75	0.54
	F1-Score	0.88	0.85	0.88	0.84	0.83	0.73	0.67
4	Precision	0.87	0.92	1.00	0.75	0.97	1.00	1.00
	Recall	0.89	0.74	0.95	0.98	0.79	0.56	0.63
	F1-Score	0.88	0.82	0.98	0.85	0.87	0.71	0.77
5	Precision	0.92	0.93	0.91	0.88	0.97	0.81	1.00
	Recall	1.00	0.89	0.98	0.86	0.88	0.72	0.60

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.96	0.91	0.94	0.87	0.92	0.76	0.75
มากที่สุด	Precision	0.92	0.95	1.00	0.88	0.98	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.89	0.98	0.98	0.98	0.83	0.74
	F1-Score	0.96	0.91	0.98	0.89	0.98	0.84	0.83
น้อยที่สุด	Precision	0.81	0.84	0.87	0.75	0.92	0.71	0.86
	Recall	0.87	0.68	0.83	0.86	0.74	0.56	0.54
	F1-Score	0.88	0.79	0.88	0.84	0.83	0.71	0.67
เฉลี่ย	Precision	0.87	0.92	0.92	0.80	0.96	0.85	0.94
	Recall	0.93	0.79	0.94	0.92	0.84	0.73	0.64
	F1-Score	0.90	0.85	0.93	0.86	0.89	0.77	0.76
S.D.	Precision	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.11	0.06
	Recall	0.06	0.09	0.06	0.05	0.09	0.11	0.08
	F1-Score	0.03	0.05	0.04	0.02	0.06	0.06	0.06

จากตารางที่ ข.56 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.57 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.90	0.94	0.82	0.96	0.94	1.00	0.93
	Recall	0.94	0.96	0.98	0.94	1.00	0.93	0.93

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.92	0.95	0.89	0.95	0.97	0.97	0.93
2	Precision	0.96	0.94	0.79	0.96	0.87	1.00	0.81
	Recall	0.94	0.98	0.98	0.94	1.00	0.80	0.93
	F1-Score	0.95	0.96	0.88	0.95	0.93	0.89	0.87
3	Precision	0.90	0.92	0.80	0.98	0.94	0.98	0.97
	Recall	0.94	0.96	1.00	0.91	0.98	0.96	0.86
	F1-Score	0.92	0.94	0.89	0.95	0.96	0.97	0.91
4	Precision	0.89	0.91	0.85	0.93	0.85	0.94	0.71
	Recall	0.86	0.83	0.85	0.85	0.98	0.65	0.95
	F1-Score	0.88	0.87	0.85	0.89	0.91	0.77	0.82
5	Precision	0.88	0.91	0.79	0.95	0.87	0.97	0.89
	Recall	0.94	0.85	0.98	0.85	1.00	0.83	0.95
	F1-Score	0.91	0.88	0.88	0.90	0.93	0.89	0.92
มากที่สุด	Precision	0.96	0.94	0.85	0.98	0.94	1.00	0.97
	Recall	0.94	0.98	1.00	0.94	1.00	0.96	0.95
	F1-Score	0.95	0.96	0.89	0.95	0.97	0.97	0.93
น้อยที่สุด	Precision	0.88	0.91	0.79	0.93	0.85	0.94	0.71
	Recall	0.86	0.83	0.85	0.85	0.98	0.65	0.86
	F1-Score	0.88	0.87	0.85	0.89	0.91	0.77	0.82
เฉลี่ย	Precision	0.91	0.92	0.81	0.96	0.89	0.98	0.86
	Recall	0.92	0.92	0.96	0.90	0.99	0.83	0.92
	F1-Score	0.92	0.92	0.88	0.93	0.94	0.90	0.89
S.D.	Precision	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.10
	Recall	0.04	0.07	0.06	0.05	0.01	0.12	0.04
	F1-Score	0.03	0.04	0.02	0.03	0.02	0.08	0.05

ตารางที่ ข.57 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูด
ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.94	1.00	0.95	0.87	0.95	0.88	0.91
	Recall	0.96	0.81	0.98	0.93	0.95	0.78	0.83
	F1-Score	0.95	0.89	0.96	0.90	0.95	0.82	0.87
2	Precision	0.92	0.95	0.95	0.80	0.94	0.80	1.00
	Recall	0.80	0.87	0.90	0.95	0.81	0.97	0.63
	F1-Score	0.86	0.91	0.93	0.87	0.87	0.88	0.77
3	Precision	0.88	0.98	1.00	0.93	0.97	0.87	0.97
	Recall	0.98	0.91	0.98	0.98	0.90	0.72	0.89
	F1-Score	0.93	0.95	0.99	0.95	0.94	0.79	0.93
4	Precision	0.87	1.00	0.87	0.77	0.75	0.73	0.77
	Recall	0.87	0.72	0.95	0.79	0.93	0.83	0.69
	F1-Score	0.87	0.84	0.91	0.78	0.83	0.78	0.73
5	Precision	0.95	0.95	0.89	0.88	0.95	0.73	0.80
	Recall	0.91	0.89	0.93	0.90	0.83	0.89	0.57
	F1-Score	0.93	0.92	0.91	0.89	0.89	0.80	0.67
มาก สุด	Precision	0.95	1.00	1.00	0.93	0.97	0.88	1.00
	Recall	0.98	0.91	0.98	0.98	0.95	0.97	0.89
	F1-Score	0.95	0.95	0.99	0.95	0.95	0.88	0.93
น้อย สุด	Precision	0.87	0.95	0.87	0.77	0.75	0.73	0.77
	Recall	0.80	0.72	0.90	0.79	0.81	0.72	0.57
	F1-Score	0.86	0.84	0.91	0.78	0.83	0.78	0.67
เฉลี่ย	Precision	0.91	0.98	0.93	0.85	0.91	0.80	0.89
	Recall	0.90	0.84	0.95	0.91	0.88	0.84	0.72
	F1-Score	0.91	0.90	0.94	0.88	0.90	0.81	0.79
S.D.	Precision	0.04	0.03	0.05	0.06	0.09	0.07	0.10
	Recall	0.07	0.08	0.03	0.07	0.06	0.10	0.13
	F1-Score	0.04	0.04	0.03	0.06	0.05	0.04	0.11

จากตารางที่ ข.57 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดเปิดคอมและปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.58 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 1 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.88	0.90	0.85	0.92	0.92	0.96	0.98
	Recall	0.90	0.98	0.98	0.98	0.98	0.93	0.98
	F1-Score	0.89	0.94	0.91	0.95	0.95	0.95	0.98
2	Precision	0.87	0.90	0.85	0.93	0.94	0.98	0.86
	Recall	0.96	0.94	0.96	0.89	1.00	0.91	0.90
	F1-Score	0.91	0.92	0.90	0.91	0.97	0.94	0.88
3	Precision	0.79	0.98	0.85	0.92	0.96	0.95	0.93
	Recall	0.94	0.87	0.98	0.96	1.00	0.89	0.95
	F1-Score	0.86	0.92	0.91	0.94	0.98	0.92	0.94
4	Precision	0.88	0.94	0.85	0.92	0.89	0.95	0.93
	Recall	0.94	0.94	0.98	0.96	1.00	0.87	0.95
	F1-Score	0.91	0.94	0.91	0.94	0.94	0.91	0.94
5	Precision	0.84	0.94	0.76	0.93	0.90	0.98	0.95
	Recall	0.96	0.96	0.96	0.89	1.00	0.89	0.86
	F1-Score	0.90	0.95	0.85	0.91	0.95	0.93	0.90
มากที่สุด	Precision	0.88	0.98	0.85	0.93	0.96	0.98	0.98
	Recall	0.96	0.98	0.98	0.98	1.00	0.93	0.98

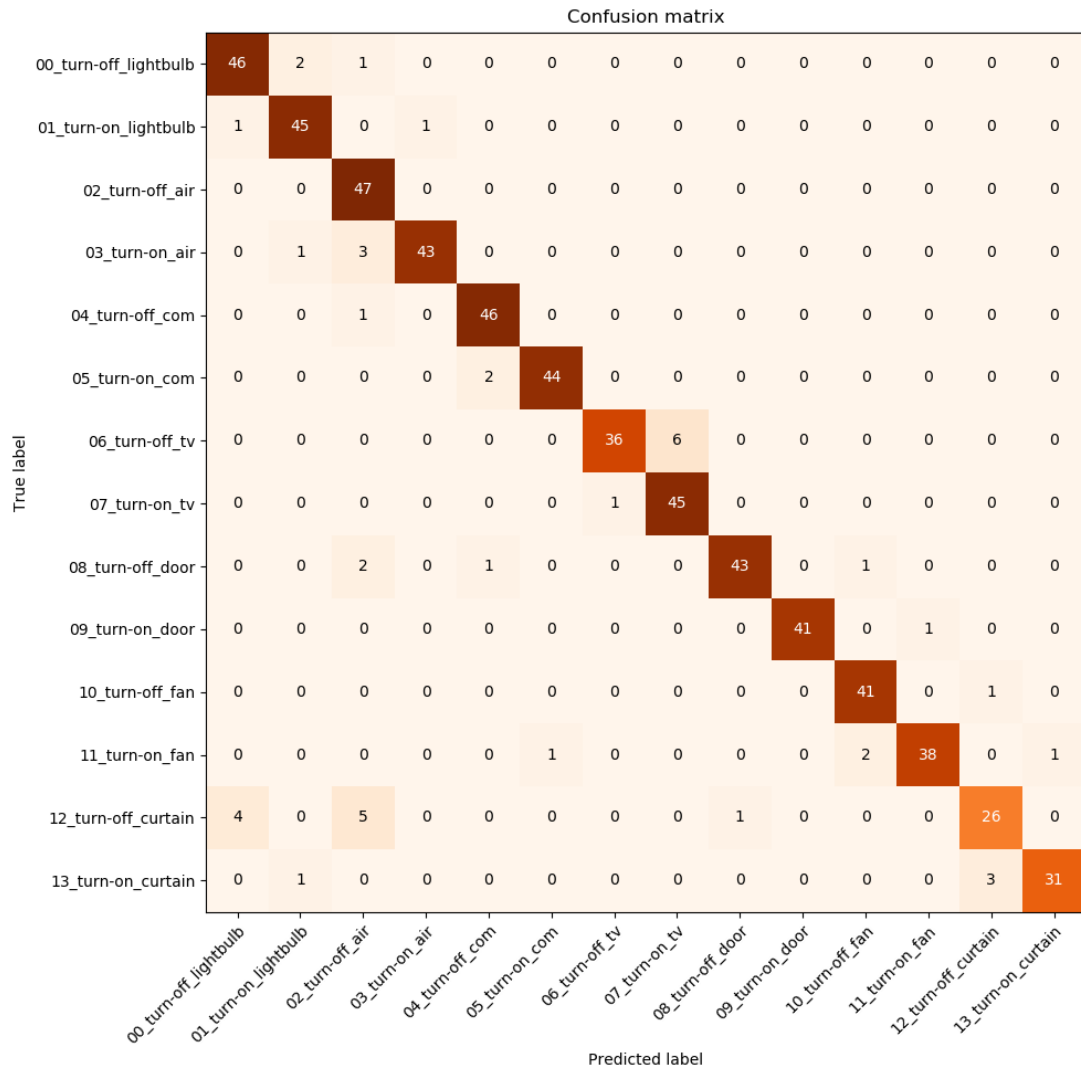
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.91	0.95	0.91	0.95	0.98	0.95	0.98
น้อย สุด	Precision	0.79	0.90	0.76	0.92	0.89	0.95	0.86
	Recall	0.90	0.87	0.96	0.89	0.98	0.87	0.86
	F1-Score	0.86	0.92	0.85	0.91	0.94	0.91	0.88
เฉลี่ย	Precision	0.85	0.93	0.83	0.92	0.92	0.96	0.93
	Recall	0.94	0.94	0.97	0.94	1.00	0.90	0.93
	F1-Score	0.89	0.93	0.90	0.93	0.96	0.93	0.93
S.D.	Precision	0.04	0.03	0.04	0.01	0.03	0.02	0.04
	Recall	0.02	0.04	0.01	0.04	0.01	0.02	0.05
	F1-Score	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04

ตารางที่ ข.58 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนทีพูด
ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน

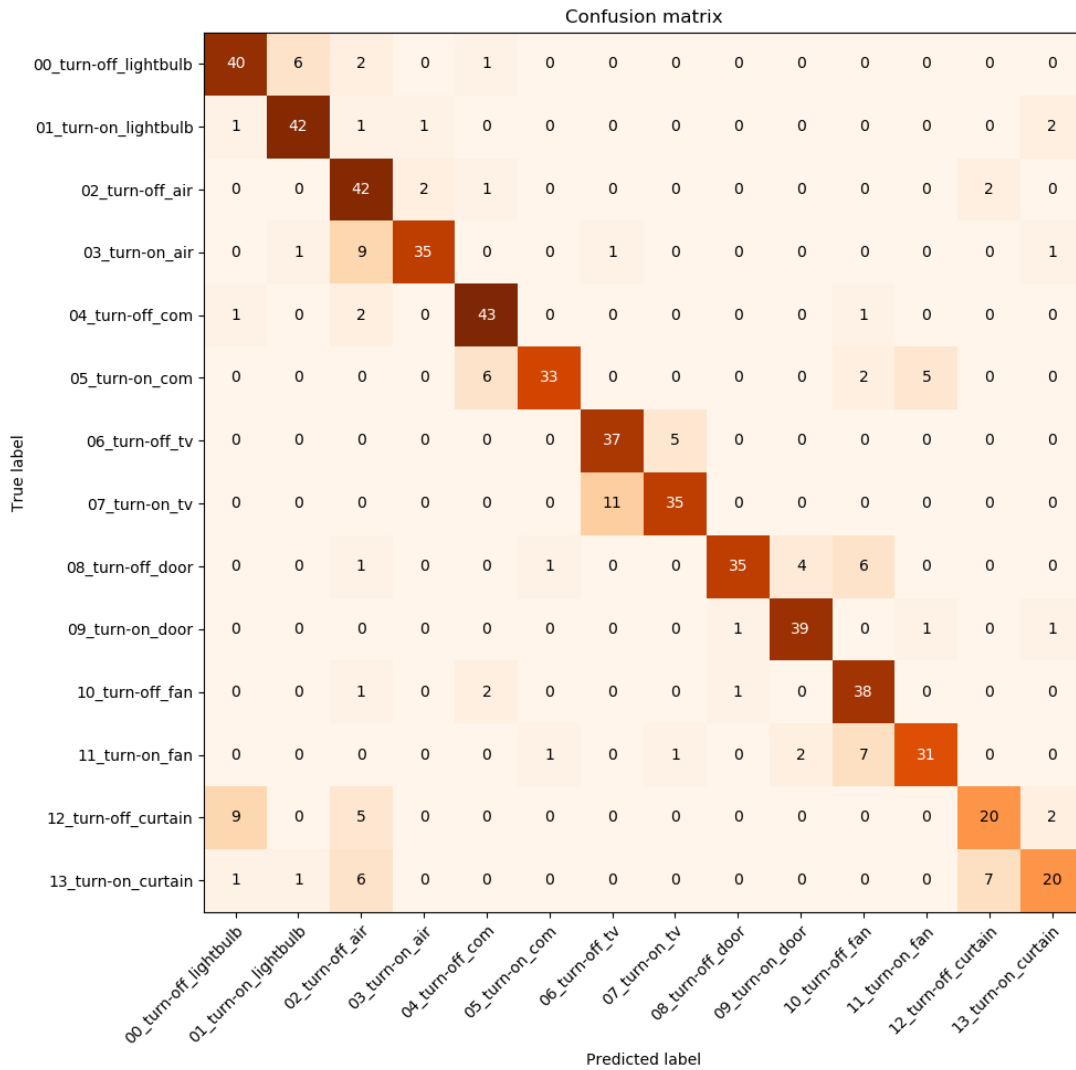
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.98	0.98	0.98	0.89	1.00	0.85	0.96
	Recall	0.98	0.87	0.93	0.98	0.93	0.78	0.74
	F1-Score	0.98	0.92	0.95	0.93	0.96	0.81	0.84
2	Precision	0.91	1.00	0.93	0.93	1.00	1.00	0.94
	Recall	0.89	0.87	1.00	0.98	0.95	0.86	0.83
	F1-Score	0.90	0.93	0.97	0.95	0.98	0.93	0.88
3	Precision	0.94	0.98	0.93	0.83	0.95	0.88	1.00
	Recall	0.96	0.83	0.95	0.93	0.86	0.83	0.80
	F1-Score	0.95	0.90	0.94	0.88	0.90	0.86	0.89
4	Precision	0.92	0.98	0.91	0.83	1.00	0.85	0.93
	Recall	0.98	0.87	0.95	0.90	0.76	0.78	0.77
	F1-Score	0.95	0.92	0.93	0.86	0.86	0.81	0.84
5	Precision	0.90	0.95	0.98	0.85	0.93	0.77	1.00
	Recall	1.00	0.89	0.95	0.93	0.90	0.67	0.60

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.95	0.92	0.96	0.89	0.92	0.72	0.75
มากที่สุด	Precision	0.98	1.00	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.89	1.00	0.98	0.95	0.86	0.83
	F1-Score	0.98	0.93	0.97	0.95	0.98	0.93	0.89
น้อยที่สุด	Precision	0.90	0.95	0.91	0.83	0.93	0.77	0.93
	Recall	0.89	0.83	0.93	0.90	0.76	0.67	0.60
	F1-Score	0.90	0.90	0.93	0.86	0.86	0.72	0.75
เฉลี่ย	Precision	0.93	0.98	0.95	0.87	0.98	0.87	0.97
	Recall	0.96	0.87	0.96	0.94	0.88	0.78	0.75
	F1-Score	0.95	0.92	0.95	0.90	0.92	0.83	0.84
S.D.	Precision	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.08	0.03
	Recall	0.04	0.02	0.03	0.04	0.08	0.07	0.09
	F1-Score	0.03	0.01	0.02	0.04	0.05	0.08	0.06

จากตารางที่ ข.58 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน เสียงพูดปิดประตูและเปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนมีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดคอมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ ข.19 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอน



รูปที่ ข.20 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกัน

ตารางที่ ข.59 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
 นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่
 ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด
 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	0.92	0.98	0.93	1.00	0.93
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.93	0.97	0.96	0.96	0.96
2	Precision	0.92	1.00	0.97	0.96	0.89	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.98	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.96	0.97	0.96	0.97	0.94	0.93	0.96
3	Precision	0.97	0.97	0.97	1.00	0.93	0.96	0.93
	Recall	0.97	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.97	0.97	0.97	0.99	0.96	0.95	0.95
4	Precision	0.97	1.00	0.92	0.98	0.93	1.00	0.93
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.93	0.97	0.96	0.96	0.96
5	Precision	0.97	0.97	0.97	0.98	0.93	0.96	0.93
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.98	1.00	0.93	0.96
	F1-Score	0.99	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.95
มาก สุด	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	1.00	0.96
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.96	0.96
น้อย สุด	Precision	0.92	0.97	0.92	0.96	0.89	0.96	0.93
	Recall	0.97	0.94	0.95	0.96	1.00	0.89	0.96
	F1-Score	0.96	0.97	0.93	0.97	0.94	0.93	0.95
เฉลี่ย	Precision	0.96	0.99	0.95	0.98	0.92	0.98	0.94
	Recall	0.99	0.96	0.95	0.97	1.00	0.92	0.98
	F1-Score	0.98	0.98	0.95	0.98	0.96	0.95	0.96
S.D.	Precision	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01
	Recall	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01

ตารางที่ ข.59 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่ละคนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	0.96	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.97	0.96	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.98	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98
2	Precision	0.94	1.00	0.96	1.00	1.00	0.92	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.94	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.94	0.98	0.98	0.97	1.00	0.96	0.96
3	Precision	0.94	1.00	0.96	1.00	1.00	0.96	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.94	0.98	0.98	0.98	1.00	0.98	0.98
4	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.92	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	0.98	1.00	0.96	0.96
5	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	0.97	0.96	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.94	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.96	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	0.98	1.00	0.98	0.98
น้อยที่สุด	Precision	0.94	1.00	0.92	1.00	0.97	0.92	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.94	0.96	1.00	0.92
	F1-Score	0.94	0.98	0.96	0.97	0.98	0.96	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.98	1.00	0.95	1.00	0.99	0.94	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.96	0.99	1.00	0.94
	F1-Score	0.96	0.98	0.98	0.98	0.99	0.97	0.97
	Precision	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00
S.D.	Recall	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02
	F1-Score	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Precision	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00

จากตารางที่ ข.59 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดปิดประตู ปิดพัดลมและเปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอม เปิดประตูและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์และเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.60 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	0.97	0.98	0.93	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.98
2	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	0.93	0.96
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.93	0.98
3	Precision	0.97	1.00	0.95	0.98	0.93	1.00	0.96

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.95	0.98	0.96	0.96	0.98
	Precision	0.97	1.00	1.00	0.96	0.93	0.96	0.96
4	Recall	1.00	0.94	0.95	1.00	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.95	0.98
	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.93	0.96	0.96
5	Recall	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.99	1.00	0.96	0.95	0.98
	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.93	0.96	0.96
มากที่สุด	Recall	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.99	1.00	0.96	0.96	0.98
	Precision	0.97	1.00	0.95	0.96	0.93	0.93	0.96
น้อยที่สุด	Recall	1.00	0.94	0.95	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.95	0.98	0.96	0.93	0.98
	Precision	0.97	1.00	0.98	0.98	0.93	0.96	0.96
เฉลี่ย	Recall	1.00	0.96	0.96	0.99	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.98	0.97	0.99	0.96	0.95	0.98
	Precision	0.97	1.00	0.98	0.98	0.93	0.96	0.96
S.D.	Recall	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	F1-Score	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
	Precision	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00

ตารางที่ ข.60 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.96	0.96
	Recall	0.94	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	1.00	1.00	0.98	0.96

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
2	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.92	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	0.98	1.00	0.96	0.96
3	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	0.97	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	1.00	1.00
4	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
5	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
มาก สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
น้อย สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	0.97	0.92	0.96
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.96
เฉลี่ย	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	0.99	0.98	0.99
	Recall	0.94	0.97	1.00	0.99	1.00	1.00	0.98
	F1-Score	0.97	0.98	0.98	0.99	1.00	0.99	0.98
S.D.	Precision	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02
	Recall	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04
	F1-Score	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.60 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาด เซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดไฟ เปิดทีวี ปิดประตูและปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟ ปิดคอม ปิดทีวี เปิดประตู เปิดพัดลมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิด

คอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดพัคตมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดพัคตมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.61 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.95	1.00	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.97	0.99	0.97	0.99	0.96	0.95	1.00
2	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.95	1.00
3	Precision	0.97	1.00	0.97	0.96	0.96	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	1.00
4	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.95	1.00
5	Precision	0.97	1.00	0.97	0.98	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	1.00
มากที่สุด	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.96	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.98	0.96	1.00
น้อยที่สุด	Precision	0.95	1.00	0.97	0.96	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	0.95	0.98	1.00	0.93	1.00

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.97	0.97	0.96	0.97	0.96	0.95	1.00
เฉลี่ย	Precision	0.97	1.00	0.97	0.99	0.94	0.97	1.00
	Recall	1.00	0.96	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.98	0.96	0.95	1.00
S.D.	Precision	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00
	Recall	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	F1-Score	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00

ตารางที่ ข.61 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

เครื่องที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.98	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00
2	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00
3	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
4	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00
5	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.94
	Precision	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
มาก	Recall	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	F1-Score	1.00	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
น้อย	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	0.97	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.98	1.00	0.96	0.94
เฉลี่ย	Precision	1.00	1.00	0.96	0.98	1.00	0.98	0.99
	Recall	1.00	0.95	1.00	0.99	1.00	1.00	0.98
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.99	0.99
S.D.	Precision	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.02
	Recall	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04
	F1-Score	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03

จากตารางที่ ข.61 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดไฟ ปิดทีวี เปิดทีวี ปิดประตูและเปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟ ปิดคอม ปิดทีวี เปิดทีวี เปิดประตู เปิดพัดลมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวี เปิดทีวีและเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวี เปิดทีวีและพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.62 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	0.97	0.98	0.93	0.96	1.00

เครื่องพิมพ์	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	Recall	1.00	0.97	0.95	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.96	0.97	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00
2	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.93	0.96	1.00
3	Recall	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.99	1.00	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.96	0.96	1.00
4	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.98	0.96	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00
5	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00
มากที่สุด	Recall	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.99	1.00	0.98	0.96	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	0.98	0.93	0.96	1.00
น้อยที่สุด	Recall	1.00	0.97	0.95	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.96	0.97	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.98	1.00	0.94	0.96	1.00
เฉลี่ย	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.94	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.98	1.00	0.94	0.96	1.00
S.D.	Recall	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
	F1-Score	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
	Precision	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

จากตารางที่ ข.62 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดไฟ เปิดแอร์ ปิดทีวี เปิดทีวี ปิดประตูและเปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดคอมและปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟ ปิดคอม ปิดทีวี เปิดทีวี เปิดประตู ปิดพัดลม เปิดพัดลมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอม ปิดประตูและเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวี เปิดทีวีและเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวี เปิดทีวีและเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.63 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.98	0.96	0.95	1.00
2	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.99	0.99	0.96	0.95	1.00
3	Precision	0.97	1.00	1.00	1.00	0.93	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.99	1.00	0.96	0.95	1.00
4	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.96	0.96	1.00
5	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.98	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.96	0.96	1.00
มาก สุด	Recall	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.99	1.00	0.98	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.93	0.96	1.00
น้อย สุด	Recall	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.98	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.94	0.96	1.00
เฉลี่ย	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.93	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.98	0.99	0.96	0.95	1.00
	Precision	0.97	1.00	0.98	1.00	0.94	0.96	1.00
S.D.	Recall	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	F1-Score	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
	Precision	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00

ตารางที่ ข.63 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.96	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	0.96
2	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.94

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
3	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	0.98
4	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.96
5	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.88	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.94	0.96
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	0.98
น้อยที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.88	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.94	0.94
เฉลี่ย	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.93	0.98
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.96
S.D.	Precision	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
	Recall	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	F1-Score	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01

จากตารางที่ ข.63 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่มีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่ละคนจะไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดไฟ เปิดแอร์ ปิดทีวี เปิดทีวี ปิดประตูและเปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟ ปิดคอม ปิดทีวี เปิดทีวี เปิดประตู ปิดพัดลม เปิดพัดลมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวี เปิดทีวีและเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่า โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุด

ข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวี เปิดทีวีและเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.64 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.98	0.98	0.96	1.00
2	Precision	0.97	1.00	0.95	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.96	0.98	0.98	0.96	1.00
3	Precision	0.97	1.00	0.95	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.96	0.98	0.98	0.96	1.00
4	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.98	0.96	1.00
5	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.98	0.96	1.00
มากที่สุด	Precision	0.97	1.00	0.97	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.98	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.99	0.98	0.96	1.00
น้อยที่สุด	Precision	0.97	1.00	0.95	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.96	0.98	0.98	0.96	1.00

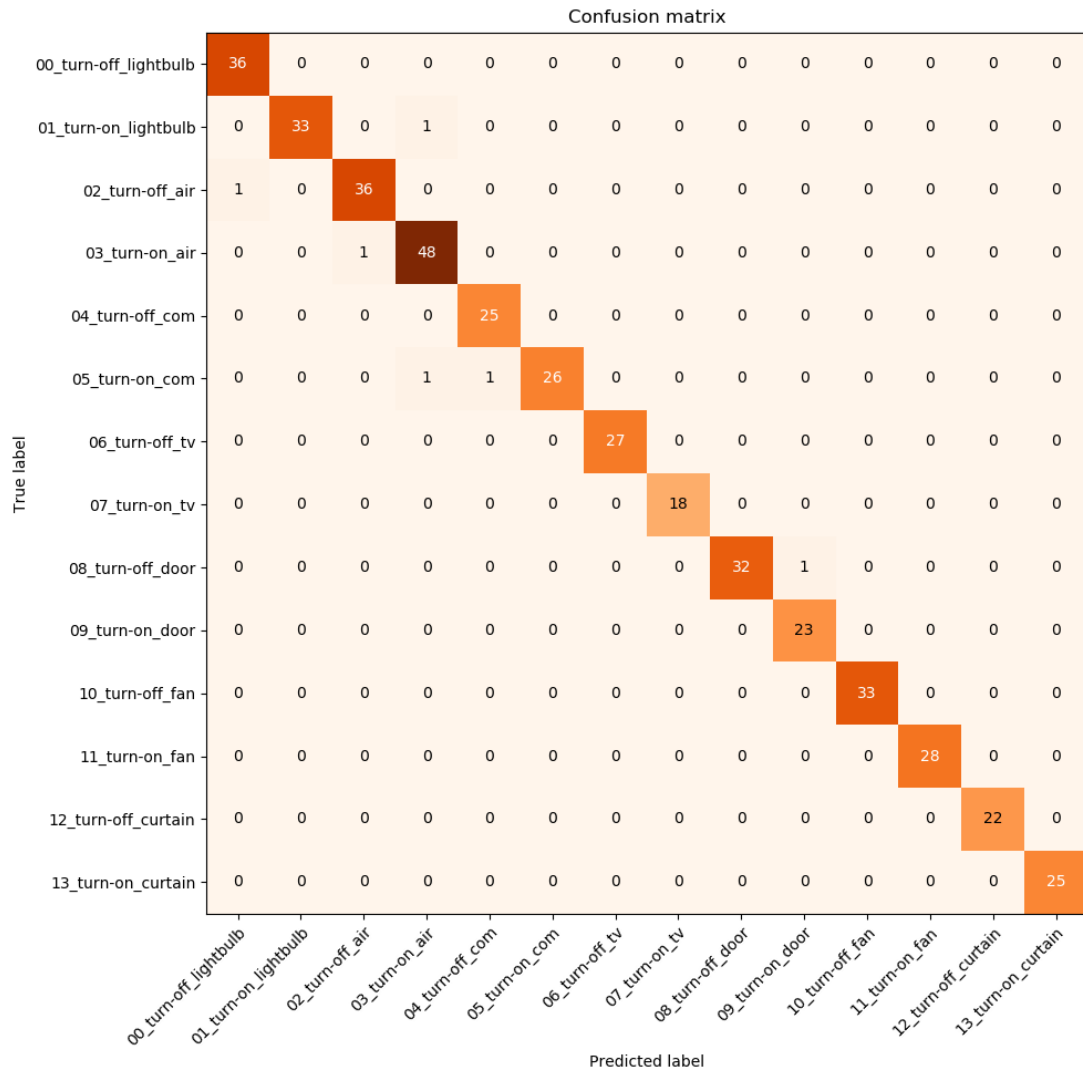
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
เฉลี่ย	Precision	0.97	1.00	0.96	1.00	0.96	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.97	0.97	0.97	1.00	0.96	1.00
	F1-Score	0.99	0.99	0.97	0.98	0.98	0.96	1.00
S.D.	Precision	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	Recall	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	F1-Score	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ข.64 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่ละคนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

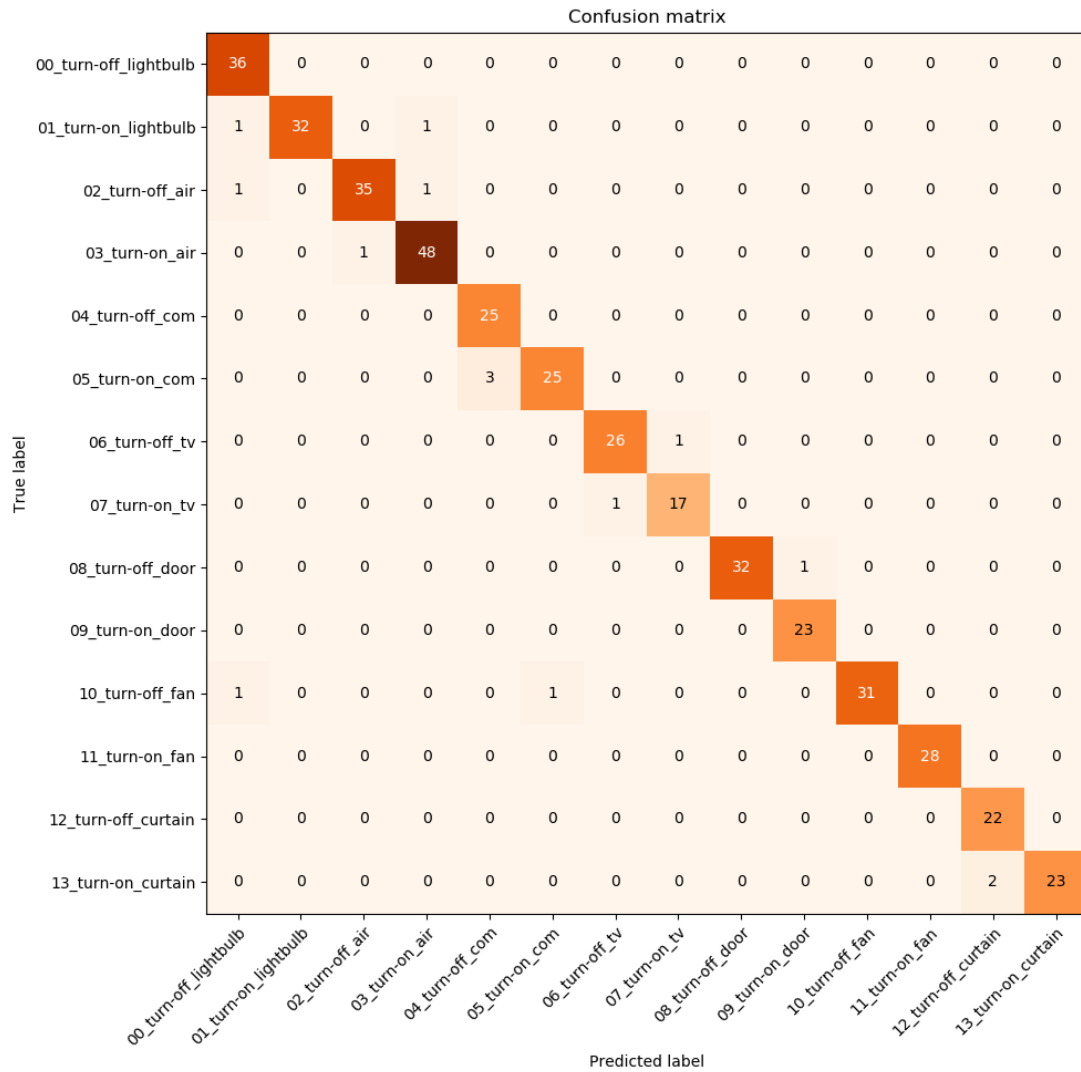
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.94
2	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	0.98
3	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.96
4	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.96
5	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.96
มากที่สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.96	1.00
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.98	0.98
น้อย สุด	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.92	0.96
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.94
เฉลี่ย	Precision	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.93	0.99
	Recall	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93
	F1-Score	1.00	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	0.96
S.D.	Precision	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
	Recall	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	F1-Score	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01

จากตารางที่ ข.64 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดไฟ เปิดแอร์ ปิดทีวี เปิดทีวี ปิดประตูและเปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดไฟ ปิดคอม ปิดทีวี เปิดทีวี เปิดประตู ปิดพัดลม เปิดพัดลมและปิดม่านมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดทีวี เปิดทีวีและเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดคอม ปิดม่านและเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดทีวี เปิดทีวี และเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ ข.21 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10



รูปที่ ข.22 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดมีอยู่ในชุดฝึกสอนแต่คนละไฟล์เสียงกันโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ตารางที่ ข.65 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
 นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้
 อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.84	0.86	0.81	0.86	0.84	0.95	0.84
	Recall	0.88	0.89	0.98	0.91	1.00	0.87	0.88
	F1-Score	0.86	0.88	0.88	0.89	0.91	0.91	0.86
2	Precision	0.80	0.98	0.77	0.91	0.90	0.98	0.83
	Recall	0.96	0.91	0.98	0.91	0.98	0.89	0.83
	F1-Score	0.87	0.95	0.86	0.91	0.94	0.93	0.83
3	Precision	0.79	0.93	0.77	0.91	0.90	0.93	0.97
	Recall	0.92	0.91	0.98	0.91	1.00	0.89	0.76
	F1-Score	0.85	0.92	0.86	0.91	0.95	0.91	0.85
4	Precision	0.80	0.90	0.81	0.93	0.90	0.98	0.97
	Recall	0.90	0.94	0.98	0.89	0.98	0.89	0.83
	F1-Score	0.85	0.92	0.88	0.91	0.94	0.93	0.90
5	Precision	0.80	0.92	0.79	0.91	0.90	0.95	0.90
	Recall	0.90	0.94	0.98	0.91	1.00	0.89	0.86
	F1-Score	0.85	0.93	0.88	0.91	0.95	0.92	0.88
มาก สุด	Precision	0.84	0.98	0.81	0.93	0.90	0.98	0.97
	Recall	0.96	0.94	0.98	0.91	1.00	0.89	0.88
	F1-Score	0.87	0.95	0.88	0.91	0.95	0.93	0.90
น้อย สุด	Precision	0.79	0.86	0.77	0.86	0.84	0.93	0.83
	Recall	0.88	0.89	0.98	0.89	0.98	0.87	0.76
	F1-Score	0.85	0.88	0.86	0.89	0.91	0.91	0.83
เฉลี่ย	Precision	0.81	0.92	0.79	0.90	0.89	0.96	0.90
	Recall	0.91	0.92	0.98	0.91	0.99	0.89	0.83
	F1-Score	0.86	0.92	0.87	0.91	0.94	0.92	0.86
S.D.	Precision	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.07
	Recall	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05
	F1-Score	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03

ตารางที่ ข.65 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด

10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.89	0.97	0.93	0.86	0.97	0.77	0.95
	Recall	0.87	0.77	0.98	0.90	0.90	0.75	0.60
	F1-Score	0.88	0.86	0.95	0.88	0.94	0.76	0.74
2	Precision	0.85	0.97	0.91	0.85	0.95	0.76	0.92
	Recall	0.85	0.77	0.98	0.93	0.88	0.69	0.63
	F1-Score	0.85	0.86	0.94	0.89	0.91	0.72	0.75
3	Precision	0.82	0.95	0.93	0.88	0.92	0.83	0.96
	Recall	0.98	0.81	0.98	0.90	0.88	0.69	0.66
	F1-Score	0.89	0.87	0.95	0.89	0.90	0.76	0.78
4	Precision	0.87	1.00	0.95	0.83	0.95	0.81	0.93
	Recall	1.00	0.77	1.00	0.93	0.93	0.72	0.71
	F1-Score	0.93	0.87	0.98	0.88	0.94	0.76	0.81
5	Precision	0.88	1.00	0.91	0.85	0.90	0.84	0.96
	Recall	0.93	0.70	1.00	0.93	0.90	0.72	0.69
	F1-Score	0.91	0.82	0.95	0.89	0.90	0.78	0.80
มากที่สุด	Precision	0.89	1.00	0.95	0.88	0.97	0.84	0.96
	Recall	1.00	0.81	1.00	0.93	0.93	0.75	0.71
	F1-Score	0.93	0.87	0.98	0.89	0.94	0.78	0.81
น้อยที่สุด	Precision	0.82	0.95	0.91	0.83	0.90	0.76	0.92
	Recall	0.85	0.70	0.98	0.90	0.88	0.69	0.60
	F1-Score	0.85	0.82	0.94	0.88	0.90	0.72	0.74
เฉลี่ย	Precision	0.86	0.98	0.93	0.85	0.94	0.80	0.94
	Recall	0.93	0.76	0.99	0.92	0.90	0.71	0.66
	F1-Score	0.89	0.86	0.95	0.89	0.92	0.76	0.78
S.D.	Precision	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	Recall	0.07	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04
F1-Score	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	

จากตารางที่ ข.65 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.66 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.83	0.92	0.85	0.94	0.94	0.98	0.92
	Recall	0.92	0.96	0.98	0.96	1.00	0.91	0.88
	F1-Score	0.87	0.94	0.91	0.95	0.97	0.94	0.90
2	Precision	0.83	0.93	0.84	0.94	0.92	1.00	0.92
	Recall	0.92	0.91	0.98	0.94	1.00	0.93	0.88
	F1-Score	0.87	0.92	0.90	0.94	0.96	0.97	0.90
3	Precision	0.83	0.98	0.85	0.96	0.92	1.00	0.97
	Recall	0.98	0.91	0.98	0.94	1.00	0.89	0.86
	F1-Score	0.90	0.95	0.91	0.95	0.96	0.94	0.91
4	Precision	0.88	0.93	0.82	0.94	0.89	0.98	0.90
	Recall	0.94	0.91	0.98	0.94	1.00	0.85	0.90
	F1-Score	0.91	0.92	0.89	0.94	0.94	0.91	0.90

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
5	Precision	0.85	0.91	0.84	0.98	0.90	1.00	0.91
	Recall	0.92	0.91	1.00	0.94	1.00	0.89	0.93
	F1-Score	0.88	0.91	0.91	0.96	0.95	0.94	0.92
มากที่สุด	Precision	0.88	0.98	0.85	0.98	0.94	1.00	0.97
	Recall	0.98	0.96	1.00	0.96	1.00	0.93	0.93
	F1-Score	0.91	0.95	0.91	0.96	0.97	0.97	0.92
น้อยที่สุด	Precision	0.83	0.91	0.82	0.94	0.89	0.98	0.90
	Recall	0.92	0.91	0.98	0.94	1.00	0.85	0.86
	F1-Score	0.87	0.91	0.89	0.94	0.94	0.91	0.90
เฉลี่ย	Precision	0.84	0.93	0.84	0.95	0.91	0.99	0.92
	Recall	0.94	0.92	0.98	0.94	1.00	0.89	0.89
	F1-Score	0.89	0.93	0.90	0.95	0.96	0.94	0.91
S.D.	Precision	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03
	Recall	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03
	F1-Score	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01

ตารางที่ ข.66 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนที่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด

10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.90	0.95	0.93	0.80	0.95	0.84	1.00
	Recall	0.93	0.79	0.98	0.95	0.86	0.75	0.74
	F1-Score	0.91	0.86	0.95	0.87	0.90	0.79	0.85
2	Precision	0.90	1.00	1.00	0.89	0.98	0.81	0.96
	Recall	0.98	0.87	0.98	0.95	0.95	0.83	0.66
	F1-Score	0.94	0.93	0.99	0.92	0.96	0.82	0.78
3	Precision	0.88	0.97	0.95	0.84	0.93	0.83	0.96
	Recall	0.98	0.81	0.98	0.98	0.90	0.81	0.71

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.93	0.88	0.96	0.90	0.92	0.82	0.82
4	Precision	0.91	1.00	0.95	0.93	0.95	0.86	0.96
	Recall	0.93	0.83	0.98	0.98	0.98	0.83	0.77
	F1-Score	0.92	0.91	0.96	0.95	0.96	0.85	0.86
5	Precision	0.93	1.00	0.91	0.87	0.95	0.83	0.96
	Recall	0.93	0.79	1.00	0.93	0.95	0.81	0.74
	F1-Score	0.93	0.88	0.95	0.90	0.95	0.82	0.84
มากที่สุด	Precision	0.93	1.00	1.00	0.93	0.98	0.86	1.00
	Recall	0.98	0.87	1.00	0.98	0.98	0.83	0.77
	F1-Score	0.94	0.93	0.99	0.95	0.96	0.85	0.86
น้อยที่สุด	Precision	0.88	0.95	0.91	0.80	0.93	0.81	0.96
	Recall	0.93	0.79	0.98	0.93	0.86	0.75	0.66
	F1-Score	0.91	0.86	0.95	0.87	0.90	0.79	0.78
เฉลี่ย	Precision	0.90	0.98	0.95	0.87	0.95	0.83	0.97
	Recall	0.95	0.82	0.98	0.96	0.93	0.81	0.72
	F1-Score	0.93	0.89	0.96	0.91	0.94	0.82	0.83
S.D.	Precision	0.02	0.02	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02
	Recall	0.03	0.03	0.01	0.02	0.05	0.03	0.04
	F1-Score	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03

จากตารางที่ ข.66 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดคอมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 192x192 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดคอมและเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.67 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้
อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.89	0.91	0.85	0.92	0.96	1.00	0.95
	Recall	0.96	0.91	0.98	0.94	1.00	0.93	0.90
	F1-Score	0.92	0.91	0.91	0.93	0.98	0.97	0.93
2	Precision	0.85	0.94	0.84	0.96	0.92	1.00	0.93
	Recall	0.96	0.94	1.00	0.94	1.00	0.89	0.90
	F1-Score	0.90	0.94	0.91	0.95	0.96	0.94	0.92
3	Precision	0.85	0.91	0.85	0.96	0.98	1.00	0.95
	Recall	0.92	0.91	1.00	0.94	1.00	0.93	0.88
	F1-Score	0.88	0.91	0.92	0.95	0.99	0.97	0.91
4	Precision	0.87	0.92	0.85	0.94	0.94	0.98	0.93
	Recall	0.96	0.94	0.98	0.94	1.00	0.93	0.90
	F1-Score	0.91	0.93	0.91	0.94	0.97	0.96	0.92
5	Precision	0.89	0.94	0.87	0.96	0.90	0.98	0.97
	Recall	0.96	0.94	1.00	0.94	1.00	0.93	0.90
	F1-Score	0.92	0.94	0.93	0.95	0.95	0.96	0.94
มาก สุด	Precision	0.89	0.94	0.87	0.96	0.98	1.00	0.97
	Recall	0.96	0.94	1.00	0.94	1.00	0.93	0.90
	F1-Score	0.92	0.94	0.93	0.95	0.99	0.97	0.94
น้อย สุด	Precision	0.85	0.91	0.84	0.92	0.90	0.98	0.93
	Recall	0.92	0.91	0.98	0.94	1.00	0.89	0.88
	F1-Score	0.88	0.91	0.91	0.93	0.95	0.94	0.91
เฉลี่ย	Precision	0.87	0.92	0.85	0.95	0.94	0.99	0.95
	Recall	0.95	0.93	0.99	0.94	1.00	0.92	0.90
	F1-Score	0.91	0.93	0.92	0.94	0.97	0.96	0.92
S.D.	Precision	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02
	Recall	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01
	F1-Score	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01

ตารางที่ ข.67 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด

10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.92	1.00	0.98	0.89	0.95	0.86	0.96
	Recall	1.00	0.83	0.98	0.98	0.95	0.83	0.74
	F1-Score	0.96	0.91	0.98	0.93	0.95	0.85	0.84
2	Precision	0.92	1.00	0.98	0.83	0.98	0.88	1.00
	Recall	0.98	0.83	0.98	0.95	0.93	0.81	0.77
	F1-Score	0.95	0.91	0.98	0.89	0.95	0.84	0.87
3	Precision	0.90	1.00	0.98	0.91	0.93	0.88	0.97
	Recall	0.98	0.83	1.00	0.95	1.00	0.83	0.80
	F1-Score	0.94	0.91	0.99	0.93	0.97	0.86	0.88
4	Precision	0.92	1.00	0.98	0.84	0.95	0.85	1.00
	Recall	0.96	0.83	0.98	0.98	0.88	0.78	0.77
	F1-Score	0.94	0.91	0.98	0.90	0.91	0.81	0.87
5	Precision	0.92	0.98	0.98	0.85	1.00	0.84	0.96
	Recall	0.98	0.83	1.00	0.93	0.90	0.86	0.74
	F1-Score	0.95	0.90	0.99	0.89	0.95	0.85	0.84
มากที่สุด	Precision	0.92	1.00	0.98	0.91	1.00	0.88	1.00
	Recall	1.00	0.83	1.00	0.98	1.00	0.86	0.80
	F1-Score	0.96	0.91	0.99	0.93	0.97	0.86	0.88
น้อยที่สุด	Precision	0.90	0.98	0.98	0.83	0.93	0.84	0.96
	Recall	0.96	0.83	0.98	0.93	0.88	0.78	0.74
	F1-Score	0.94	0.90	0.98	0.89	0.91	0.81	0.84
เฉลี่ย	Precision	0.92	1.00	0.98	0.86	0.96	0.86	0.98
	Recall	0.98	0.83	0.99	0.96	0.93	0.82	0.76
	F1-Score	0.95	0.91	0.98	0.91	0.95	0.84	0.86
S.D.	Precision	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02
	Recall	0.01	0.00	0.01	0.02	0.05	0.03	0.03

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	F1-Score	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

จากตารางที่ ข.67 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 256x256 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.68 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.91	0.98	0.90	0.98	0.89	1.00	0.95
	Recall	1.00	0.96	1.00	0.94	1.00	0.89	0.90
	F1-Score	0.95	0.97	0.95	0.96	0.94	0.94	0.93
2	Precision	0.92	0.96	0.84	0.98	0.92	1.00	0.98
	Recall	0.96	0.94	1.00	0.91	1.00	0.91	0.93
	F1-Score	0.94	0.95	0.91	0.95	0.96	0.95	0.95
3	Precision	0.92	0.92	0.87	0.96	0.92	1.00	0.97
	Recall	0.96	0.96	1.00	0.94	1.00	0.91	0.90
	F1-Score	0.94	0.94	0.93	0.95	0.96	0.95	0.94
4	Precision	0.89	0.92	0.87	0.98	0.90	1.00	1.00
	Recall	0.96	0.94	1.00	0.91	1.00	0.89	0.90
	F1-Score	0.92	0.93	0.93	0.95	0.95	0.94	0.95
5	Precision	0.87	0.98	0.87	0.94	0.92	1.00	0.91

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	Recall	0.98	0.91	0.98	0.94	1.00	0.91	0.95
	F1-Score	0.92	0.95	0.92	0.94	0.96	0.95	0.93
	Precision	0.92	0.98	0.90	0.98	0.92	1.00	1.00
มาก สุด	Recall	1.00	0.96	1.00	0.94	1.00	0.91	0.95
	F1-Score	0.95	0.97	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95
	Precision	0.87	0.92	0.84	0.94	0.89	1.00	0.91
น้อย สุด	Recall	0.96	0.91	0.98	0.91	1.00	0.89	0.90
	F1-Score	0.92	0.93	0.91	0.94	0.94	0.94	0.93
	Precision	0.90	0.95	0.87	0.97	0.91	1.00	0.96
เฉลี่ย	Recall	0.97	0.94	1.00	0.93	1.00	0.90	0.92
	F1-Score	0.93	0.95	0.93	0.95	0.95	0.95	0.94
	Precision	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00	0.03
S.D.	Recall	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02
	F1-Score	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

ตารางที่ ข.68 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่พูดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด

10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.92	1.00	0.89	0.85	0.97	0.86	1.00
	Recall	0.96	0.79	1.00	0.98	0.90	0.86	0.83
	F1-Score	0.94	0.88	0.94	0.91	0.94	0.86	0.91
2	Precision	0.94	1.00	0.93	0.87	0.95	0.84	1.00
	Recall	1.00	0.83	0.98	0.98	0.93	0.89	0.77
	F1-Score	0.97	0.91	0.95	0.92	0.94	0.86	0.87
3	Precision	0.92	1.00	0.95	0.87	1.00	0.86	1.00
	Recall	1.00	0.83	0.98	0.98	0.95	0.89	0.77
	F1-Score	0.96	0.91	0.96	0.92	0.98	0.88	0.87

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
4	Precision	0.92	1.00	0.93	0.89	0.98	0.86	0.96
	Recall	1.00	0.81	1.00	0.98	0.98	0.86	0.77
	F1-Score	0.96	0.89	0.97	0.93	0.98	0.86	0.86
5	Precision	0.96	1.00	1.00	0.89	1.00	0.88	1.00
	Recall	0.96	0.87	0.98	0.98	0.98	0.83	0.86
	F1-Score	0.96	0.93	0.99	0.93	0.99	0.86	0.92
มาก สุด	Precision	0.96	1.00	1.00	0.89	1.00	0.88	1.00
	Recall	1.00	0.87	1.00	0.98	0.98	0.89	0.86
	F1-Score	0.97	0.93	0.99	0.93	0.99	0.88	0.92
น้อย สุด	Precision	0.92	1.00	0.89	0.85	0.95	0.84	0.96
	Recall	0.96	0.79	0.98	0.98	0.90	0.83	0.77
	F1-Score	0.94	0.88	0.94	0.91	0.94	0.86	0.86
เฉลี่ย	Precision	0.93	1.00	0.94	0.87	0.98	0.86	0.99
	Recall	0.98	0.83	0.99	0.98	0.95	0.87	0.80
	F1-Score	0.96	0.90	0.96	0.92	0.97	0.86	0.89
S.D.	Precision	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02	0.01	0.02
	Recall	0.02	0.03	0.01	0.00	0.03	0.03	0.04
	F1-Score	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03

จากตารางที่ ข.68 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดคอมและปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุด และเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์และปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดเปิดพัดลมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 320x320 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดเปิดพัดลมได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.69 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนที่ไม่ได้
อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.87	0.96	0.85	0.98	0.94	1.00	0.89
	Recall	0.98	0.94	1.00	0.91	1.00	0.93	0.93
	F1-Score	0.92	0.95	0.92	0.95	0.97	0.97	0.91
2	Precision	0.91	0.96	0.89	0.98	0.94	1.00	1.00
	Recall	0.98	0.96	1.00	0.94	1.00	0.93	0.98
	F1-Score	0.94	0.96	0.94	0.96	0.97	0.97	0.99
3	Precision	0.92	1.00	0.88	0.96	0.94	1.00	1.00
	Recall	0.98	0.96	0.98	0.91	1.00	0.93	0.90
	F1-Score	0.95	0.98	0.93	0.93	0.97	0.97	0.95
4	Precision	0.88	0.94	0.87	0.96	0.94	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.96	1.00	0.94	1.00	0.93	0.90
	F1-Score	0.91	0.95	0.93	0.95	0.97	0.97	0.95
5	Precision	0.92	0.98	0.85	0.96	0.92	1.00	1.00
	Recall	0.94	0.96	1.00	0.94	1.00	0.91	0.93
	F1-Score	0.93	0.97	0.92	0.95	0.96	0.95	0.96
มาก สุด	Precision	0.92	1.00	0.89	0.98	0.94	1.00	1.00
	Recall	0.98	0.96	1.00	0.94	1.00	0.93	0.98
	F1-Score	0.95	0.98	0.94	0.96	0.97	0.97	0.99
น้อย สุด	Precision	0.87	0.94	0.85	0.96	0.92	1.00	0.89
	Recall	0.94	0.94	0.98	0.91	1.00	0.91	0.90
	F1-Score	0.91	0.95	0.92	0.93	0.96	0.95	0.91
เฉลี่ย	Precision	0.90	0.97	0.87	0.97	0.94	1.00	0.98
	Recall	0.96	0.96	1.00	0.93	1.00	0.93	0.93
	F1-Score	0.93	0.96	0.93	0.95	0.97	0.97	0.95
S.D.	Precision	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.05
	Recall	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03
	F1-Score	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03

ตารางที่ ข.69 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่
นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่พูด
ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด

10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.93	1.00	0.95	0.87	1.00	0.85	0.97
	Recall	0.91	0.87	1.00	0.98	0.90	0.81	0.80
	F1-Score	0.92	0.93	0.98	0.92	0.95	0.83	0.88
2	Precision	0.98	1.00	0.95	0.89	1.00	0.86	1.00
	Recall	1.00	0.87	1.00	1.00	0.93	0.89	0.80
	F1-Score	0.99	0.93	0.98	0.94	0.96	0.88	0.89
3	Precision	0.92	0.98	0.93	0.85	1.00	0.85	0.97
	Recall	1.00	0.85	1.00	0.98	0.88	0.92	0.83
	F1-Score	0.96	0.91	0.97	0.91	0.94	0.88	0.89
4	Precision	0.92	1.00	0.95	0.89	0.97	0.83	1.00
	Recall	1.00	0.89	0.98	1.00	0.90	0.83	0.77
	F1-Score	0.96	0.94	0.96	0.94	0.94	0.83	0.87
5	Precision	0.94	1.00	0.95	0.91	1.00	0.87	1.00
	Recall	1.00	0.89	0.98	0.98	0.93	0.92	0.86
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.94	0.96	0.89	0.92
มากที่สุด	Precision	0.98	1.00	0.95	0.91	1.00	0.87	1.00
	Recall	1.00	0.89	1.00	1.00	0.93	0.92	0.86
	F1-Score	0.99	0.94	0.98	0.94	0.96	0.89	0.92
น้อยที่สุด	Precision	0.92	0.98	0.93	0.85	0.97	0.83	0.97
	Recall	0.91	0.85	0.98	0.98	0.88	0.81	0.77
	F1-Score	0.92	0.91	0.96	0.91	0.94	0.83	0.87
เฉลี่ย	Precision	0.94	1.00	0.95	0.88	0.99	0.85	0.99
	Recall	0.98	0.87	0.99	0.99	0.91	0.87	0.81
	F1-Score	0.96	0.93	0.97	0.93	0.95	0.86	0.89
S.D.	Precision	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	Recall	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02	0.05	0.03
	F1-Score	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02

จากตารางที่ ข.69 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดคอมและปิดประตูมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุด และเสียงพูดปิดม่านมีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์และปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดคอมเปิดคอมและเปิดประตูมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่า โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 384x384 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดคอม เปิดคอมและเปิดประตูได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ ข.70 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
1	Precision	0.92	0.98	0.84	0.93	0.96	1.00	1.00
	Recall	0.96	0.96	1.00	0.91	1.00	0.96	0.93
	F1-Score	0.94	0.97	0.91	0.92	0.98	0.98	0.96
2	Precision	0.92	0.98	0.85	0.98	1.00	1.00	0.98
	Recall	0.96	0.98	1.00	0.94	1.00	0.98	0.95
	F1-Score	0.94	0.98	0.92	0.96	1.00	0.99	0.96
3	Precision	0.98	0.96	0.85	0.98	0.94	1.00	1.00
	Recall	0.96	0.98	1.00	0.89	1.00	0.93	0.93
	F1-Score	0.97	0.97	0.92	0.93	0.97	0.97	0.96
4	Precision	0.94	0.96	0.87	0.98	0.96	1.00	0.98
	Recall	0.96	0.96	1.00	0.94	1.00	0.96	0.95

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	ปิดไฟ	เปิดไฟ	ปิดแอร์	เปิดแอร์	ปิดคอม	เปิดคอม	ปิดทีวี
	F1-Score	0.95	0.96	0.93	0.96	0.98	0.98	0.96
5	Precision	0.92	0.96	0.85	0.98	0.96	1.00	0.95
	Recall	0.96	0.96	1.00	0.94	1.00	0.98	0.98
	F1-Score	0.94	0.96	0.92	0.96	0.98	0.99	0.96
มาก สุด	Precision	0.98	0.98	0.87	0.98	1.00	1.00	1.00
	Recall	0.96	0.98	1.00	0.94	1.00	0.98	0.98
	F1-Score	0.97	0.98	0.93	0.96	1.00	0.99	0.96
น้อย สุด	Precision	0.92	0.96	0.84	0.93	0.94	1.00	0.95
	Recall	0.96	0.96	1.00	0.89	1.00	0.93	0.93
	F1-Score	0.94	0.96	0.91	0.92	0.97	0.97	0.96
เฉลี่ย	Precision	0.94	0.97	0.85	0.97	0.96	1.00	0.98
	Recall	0.96	0.97	1.00	0.92	1.00	0.96	0.95
	F1-Score	0.95	0.97	0.92	0.95	0.98	0.98	0.96
S.D.	Precision	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02
	Recall	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02
	F1-Score	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00

ตารางที่ ข.70 (ต่อ) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสี่ยงของคนทีพุดไม่ได้ อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด

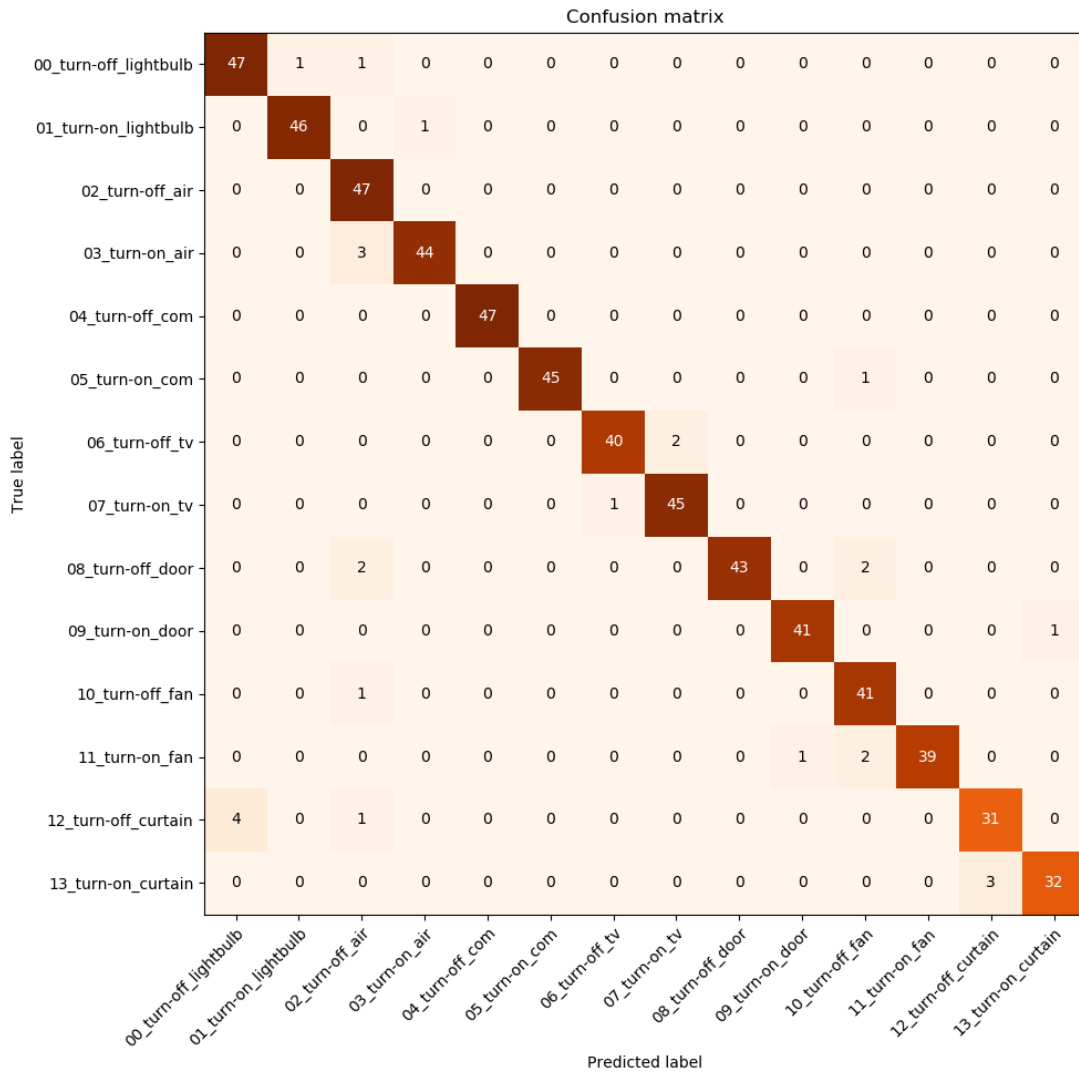
10

ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
1	Precision	0.94	1.00	0.95	0.93	1.00	0.89	1.00
	Recall	1.00	0.89	0.98	0.98	0.95	0.89	0.86
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.95	0.98	0.89	0.92
2	Precision	0.96	1.00	0.98	0.89	1.00	0.91	0.97
	Recall	0.98	0.91	0.98	0.98	0.93	0.86	0.91
	F1-Score	0.97	0.96	0.98	0.93	0.96	0.89	0.94
3	Precision	0.94	1.00	0.95	0.87	1.00	0.95	0.94

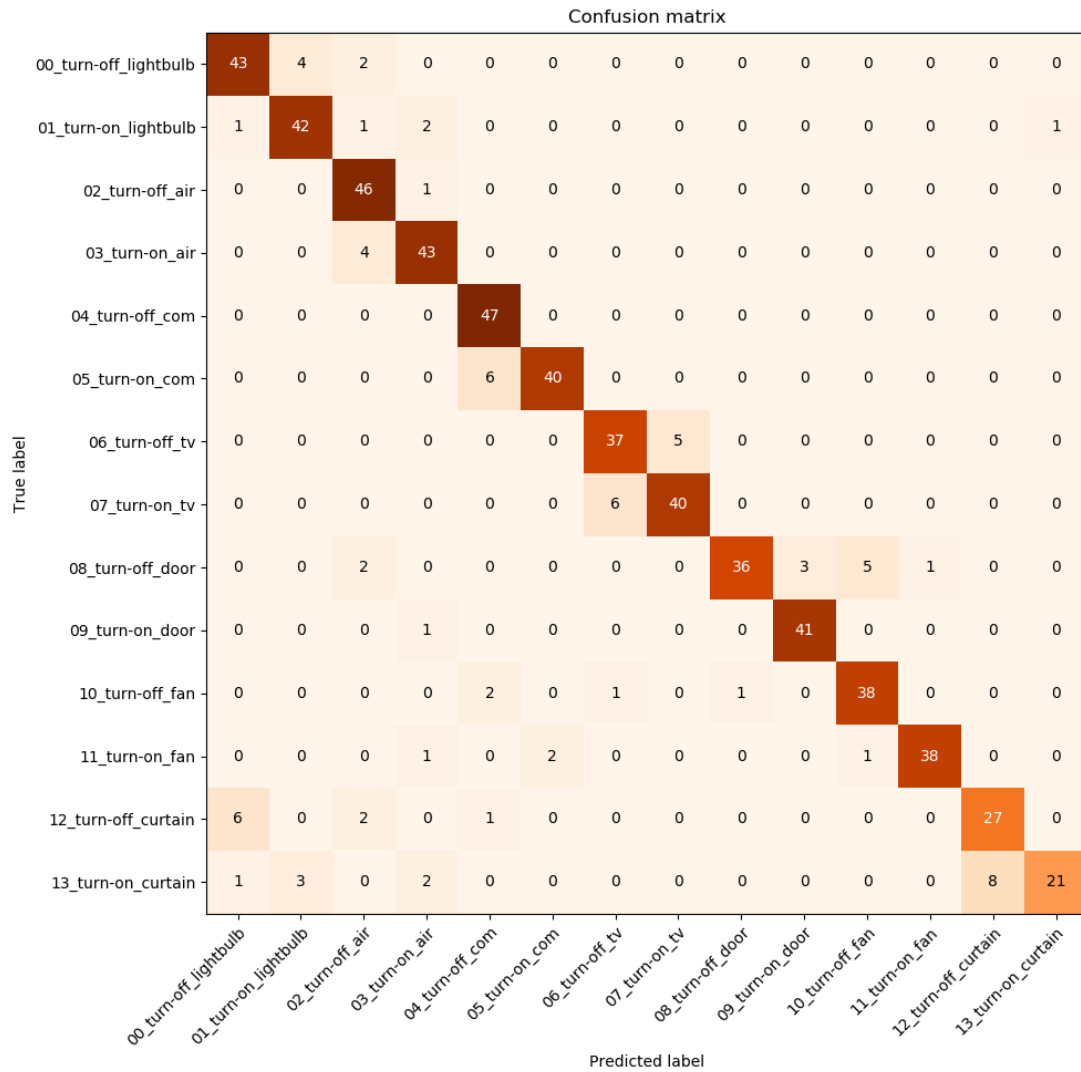
ครั้งที่	คลาส							
	เครื่องมือ	เปิดทีวี	ปิดประตู	เปิดประตู	ปิดพัดลม	เปิดพัดลม	ปิดม่าน	เปิดม่าน
	Recall	1.00	0.85	0.98	0.98	0.93	0.97	0.91
	F1-Score	0.97	0.92	0.96	0.92	0.96	0.96	0.93
	Precision	0.96	1.00	0.95	0.91	1.00	0.87	1.00
4	Recall	1.00	0.85	0.98	1.00	0.98	0.92	0.83
	F1-Score	0.98	0.92	0.96	0.95	0.99	0.89	0.91
	Precision	0.98	1.00	0.95	0.91	1.00	0.86	1.00
5	Recall	0.98	0.89	0.98	0.98	0.93	0.86	0.83
	F1-Score	0.98	0.94	0.96	0.94	0.96	0.86	0.91
	Precision	0.98	1.00	0.95	0.91	1.00	0.86	1.00
มากที่สุด	Recall	1.00	0.91	0.98	1.00	0.98	0.97	0.91
	F1-Score	0.98	0.96	0.98	0.95	0.99	0.96	0.94
	Precision	0.94	1.00	0.95	0.87	1.00	0.86	0.94
น้อยที่สุด	Recall	0.98	0.85	0.98	0.98	0.93	0.86	0.83
	F1-Score	0.97	0.92	0.96	0.92	0.96	0.86	0.91
	Precision	0.96	1.00	0.96	0.90	1.00	0.90	0.98
เฉลี่ย	Recall	0.99	0.88	0.98	0.98	0.94	0.90	0.87
	F1-Score	0.97	0.94	0.96	0.94	0.97	0.90	0.92
	Precision	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04	0.03
S.D.	Recall	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.05	0.04
	F1-Score	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01
	Precision	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04	0.03

จากตารางที่ ข.70 โมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10 เสียงพูดเปิดคอม ปิดประตูและเปิดพัดลมมีค่า Precision เฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดแอร์มีค่า Precision เฉลี่ยน้อยที่สุดในส่วนของ Recall เสียงพูดปิดแอร์และปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดเปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในส่วนของ F1-Score เสียงพูดปิดคอมและเปิดคอมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเสียงพูดปิดม่านมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold

Cross Validation ที่ขนาด 10 มีความสามารถในการทำนายเสียงพูดปิดคอมและเปิดคอมได้มี ประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ ข.23 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 512x512 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียง ของคนที่พูดไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ ขนาด 10



รูปที่ ข.24 Confusion Matrix ครั้งที่ให้ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดของโมเดลโครงข่ายหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวที่นำเสนอแบบที่ 2 ขนาดเซลล์ 128x128 กับชุดข้อมูลทดสอบที่เสียงของคนที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลฝึกสอนโดยใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation ที่ขนาด 10

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายวุฒิชัย แซ่เอี้ยว
วัน เดือน ปีเกิด	16 ธันวาคม 2532
ที่อยู่ปัจจุบัน	46 หมู่บ้านมิตรภาพ ถนนศรีนครินทร์ 38 แขวงหนองบอน เขตประเวศ กรุงเทพ 10250
ประวัติการศึกษา	(2554) วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ เกรดเฉลี่ย 3.51 (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ) (2563) วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ เกรดเฉลี่ย 4.00 (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)
ผลงานทางวิชาการ	1. Saheaw W., Jaiyen S., and Hanskunatai A., "Thai Voice Recognition for Controlling Electrical appliances Using Long ShortTerm Memory", Proceedings of the IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), Thailand, 2020, pp. 697-700.