

การออกแบบพัฒนาระบบเฝ้าระวังผู้สูงอายุโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาท
เทียมแบบคอนโวลูชัน



นางสาวอชิรญา ทิมทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรม วิศวกรรมชีวการแพทย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2567

DEVELOPMENT OF ELDERY SURVEILLANCE SYSTEM USING
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK TECHNIQUE




ASHIRAYA TIMTONG


A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Biomedical Innovation Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2024


การออกแบบพัฒนาระบบเฝ้าระวังผู้สูงอายุโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาท
เทียมแบบคอนโวลูชัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....
(ผศ. ดร.สุขเกษม วัชรมัยสกุล)
ประธานกรรมการ


.....
(ผศ. ดร.ชนเสมฐ์ ทศดิกรพัฒน์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)


.....
(ดร.อภิชาติ อินทรพานิชย์)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี


.....
(รศ. ดร.ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและ
ประกันคุณภาพ


.....
(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

อชิรญา ทิมทอง: การออกแบบพัฒนาระบบเฝ้าระวังผู้สูงอายุโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (DEVELOPMENT OF ELDERY SURVEILLANCE SYSTEM USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK TECHNIQUE)

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์ , 168 หน้า.

คำสำคัญ : การตรวจจับการล้ม การจำแนกประเภทการล้ม MediaPipe แบบจำลอง CNN

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบเฝ้าระวังผู้สูงอายุภายในบ้านโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) เพื่อตรวจจับและจำแนกประเภทการล้มของผู้สูงอายุจากภาพวิดีโอที่บันทึกภายในบ้าน โดยระบบสามารถจำแนกการล้มได้ทั้งหมด 4 ประเภทหลัก ได้แก่ การล้มคว่ำหน้า การล้มหงายหลัง การล้มไปทางซ้าย และการล้มไปทางขวา พร้อมทั้งสามารถแยกแยะจากการเดินปกติ โดยใช้ข้อมูลวิดีโอที่เป็นการจำลองการล้มและการเดินจากฐานข้อมูลที่เป็นสาธารณะ รวมถึงการเพิ่มการประมาณการทำทางด้วยเทคนิค MediaPipe เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกประเภท การศึกษานี้ประกอบด้วยทดสอบแบบจำลอง CNN จำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบจำลอง 2 เลเยอร์ แบบจำลอง VGG และแบบจำลอง ResNet50 โดยมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลการฝึก (Training set) และชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) ในอัตราส่วน 80:20 และประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ค่าความถูกต้อง (Accuracy), ค่าความแม่นยำ (Precision), ค่าเรียกคืน (Recall), ค่า F1-score, กราฟ ROC และค่า AUC ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาและฝึกฝนด้วยเทคนิค CNN สามารถจำแนกประเภทการล้มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการนำเทคนิค MediaPipe มาใช้ร่วมในการประมวลผลภาพ สามารถทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการล้มสูงขึ้น ผลการวิจัยพบว่า แบบ 2 เลเยอร์ที่ใช้ชุดข้อมูลที่เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe สามารถจำแนกการล้มได้ถูกต้องร้อยละ 90.62 อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ได้ทดสอบแบบจำลองในสถานะแสงและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกฝน พบว่าระบบยังคงสามารถจำแนกประเภทการล้มได้ แต่มีความแม่นยำลดลงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการปรับใช้ในสถานการณ์จริงแต่ยังต้องการการปรับแต่งเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่หลากหลายมากขึ้น

สาขาวิชา นวัตกรรม วิศวกรรม วิชาชีวการแพทย์
ปีการศึกษา 2567

ลายมือชื่อนักศึกษา อชิรญา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ทศศิกรพัฒน์

ASHIRAYA TIMTONG: DEVELOPMENT OF ELDERLY SURVEILLANCE SYSTEM
USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK TECHNIQUE THESIS
ADVISOR: ASST. PROF. THANASET THOSDEEKORAPHAT, Ph.D., 168 PP.

Keyword: Fall Detection, Fall Classification, MediaPipe, CNN Models

This research aims to design and develop an in-home elderly surveillance system using machine learning techniques with Convolutional Neural Networks (CNN) to detect and classify elderly falls from indoor video recordings. The system can classify falls into four main categories: forward falls, backward falls, falls to the left, and falls to the right, and distinguish them from normal walking. Publicly available video datasets simulating falls and normal walking activities were used, enhanced with pose estimation techniques using MediaPipe to improve classification accuracy. Three CNN models were tested: a 2-layer CNN, VGG, and ResNet50. The dataset was divided into training and test sets in an 80:20 ratio. Model performance was evaluated using accuracy, precision, recall, F1-score, ROC curves, and AUC values. The results indicate that the CNN models, especially when integrated with MediaPipe pose estimation, significantly improve fall detection accuracy. The best-performing model, the 2-layer CNN with MediaPipe-enhanced dataset, achieved an accuracy of 90.62% in fall classification. However, when tested under different lighting and environmental conditions from the training dataset, the system still maintained its capability to classify falls but showed a slight decrease in accuracy. This highlights its potential for real-world application, although further optimization is necessary to enhance performance in varied environmental scenarios.

School of Biomedical Innovation Engineering
Academic Year 2024

Student's Signature.....*08/20/24*.....
Advisor's Signature.....*T. Thanaset*.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างยิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลดังต่อไปนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์) ที่ช่วยเหลือในการทำการศึกษาวิจัยและให้คำแนะนำ และแนะแนวทางแก้ไขปัญหาลดการทำให้วิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขเกษม วัชรมัยสกุล ประธานกรรมการ และ ดร.อภิชาติ อินทรพานิชย์ กรรมการ ที่ให้ข้อเสนอแนะอันมีคุณค่า และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุง งานวิจัยครั้งนี้

คณาจารย์ทุกท่านในหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรม วิศวกรรมแพทย์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความเมตตา ความรู้ และแนวคิดมุมมองใหม่ๆกับผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณอนงค์นารถ แซ่จ้อหอ เลขานุการประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรม วิศวกรรมแพทย์ ที่ช่วยประสานงานในเรื่องเอกสารต่าง ๆ ระหว่างศึกษาจนสำเร็จการศึกษาไปด้วยดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้เปิดโอกาสทางการศึกษารวมถึงให้การสนับสนุน ทุนการศึกษาและทุนอุดหนุนในการนำเสนอและเผยแพร่ผลงานวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อชิรญา ทิมทอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ

บทที่

1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การลี้ม	3
2.1.1 สาเหตุของการลี้ม.....	3
2.1.2 ประเภทของการลี้ม.....	4
2.2 การประมวลผลภาพ.....	4
2.2.1 ความรู้เกี่ยวกับภาพ.....	5
2.2.2 การประมวลผลภาพเบื้องต้น.....	6
2.3 การประมาณการท่วงท่าของมนุษย์ (HUMAN POSE ESTIMATION).....	9
2.4 การประมวลผลภาพด้วยปัญญาประดิษฐ์.....	10
2.5 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง	13
2.5.1 ตัวชี้วัดประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกประเภท	13
2.6 การทบทวนบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	18
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	18
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	19
3.4 การรวบรวมข้อมูล (DATA COLLECTION)	21
3.5 การสร้างแบบจำลอง (MODELING)	21
3.6 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง (PERFORMANCE EVALUATION).....	28
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	30
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์	31
4.1.1 Training Validation Loss และ Training Validation Accuracy ของ 2 เลเยอร์	31
4.1.2 Confusion Matrix ของ 2 เลเยอร์	33
4.1.3 กราฟ ROC และค่า AUC ของ 2 เลเยอร์	36
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียม แบบ VGG.....	37
4.2.1 Training Validation Loss และ Training Validation Accuracy ของ VGG.....	38
4.2.2 Confusion Matrix ของเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG.....	40
4.2.3 กราฟ ROC และค่า AUC ของ 2 เลเยอร์	44
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียม แบบ RESNET 50	45
4.3.1 Training Validation Loss และ Training Validation Accuracy ของ Resnet 50.....	45
4.3.2 Confusion Matrix ของ Resnet 50.....	47
4.3.3 กราฟ ROC และค่า AUC ของ Resnet 50.....	52
4.4 วิจารณ์และอภิปรายผลการวิจัย	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 ผลการทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลนอกขอบเขตการฝึกสอนแบบจำลอง.....	56
5 สรุปและข้อเสนอแนะ	58
5.1 สรุปผลการวิจัย	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
รายการอ้างอิง	60
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก.....	64
ภาคผนวก ข.....	160
ประวัติผู้เขียน.....	168

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคอนฟิวชันเมทริกซ์ (Confusion Matrix).....	13
3.1 เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	18
3.2 วิธีโอ้จำลองการล้มและการเดินที่ใช้ในการศึกษา.....	19
3.3 แสดงจำนวนชั้น Convolutional Blocks,ขนาดตัวกรองและขนาดภาพผลลัพธ์.....	24
4.1 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ 2-layer Ver.1	33
4.2 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ 2-layer Ver.2	35
4.3 แสดงการเปรียบเทียบของค่า AUC จากแบบจำลองทั้ง 2 ชุดข้อมูล (2-layer)	36
4.4 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ VGG Ver.1	41
4.5 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ VGG Ver.2	43
4.6 แสดงการเปรียบเทียบของค่า AUC จากแบบจำลองทั้ง 2 ชุดข้อมูล (VGG)	44
4.7 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ Resnet 50 Ver.1	48
4.8 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ Resnet 50 Ver.2.....	51
4.9 แสดงการเปรียบเทียบของค่า AUC จากแบบจำลองทั้ง 2 ชุดข้อมูล (Resnet 50).....	53
4.10 แสดงผลการทำนายของแบบจำลองทั้ง 6 แบบกับข้อมูลนอกขอบเขตการฝึกสอน.....	56

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การปรับปรุงความสว่างของภาพด้วยวิธี Histogram Equalization	7
2.2 แสดงการกรองค่ามัธยฐาน	8
2.3 แสดงจุดสำคัญ 33 จุด บนร่างกายที่ MediaPipe ระบุตำแหน่ง	10
2.4 ภาพแสดงการทำงานของคอนโวลูชันเลเยอร์	11
2.5 ภาพแสดงการทำงานของพูลลิ่งเลเยอร์	12
2.6 ภาพแสดงการทำงานของพูลลิ่งคอนเนคต์เลเยอร์.....	12
2.7 แสดงลักษณะกราฟของ ROC และ AUC	15
3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนในการวิจัยสร้างแบบจำลองจำแนกแบบหลายกลุ่มโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง	20
3.2 แสดงโครงสร้างแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์.....	22
3.3 แสดงโครงสร้างแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG.....	25
3.4 แสดงโครงสร้างแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG (ต่อ).....	26
3.5 แสดงโครงสร้างแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ResNet50	27
4.1 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) 2-layer Ver.1.....	31
4.2 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) 2-layer Ver.2	32
4.3 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ 2-layer Ver.1.....	34
4.4 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ 2-layer Ver.2.....	34
4.5 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ 2-layer Ver.1	40
4.6 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ 2-layer Ver.2.....	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ของ VGG Ver.1	38
4.8 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ของ VGG Ver.2.....	39
4.9 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ VGG Ver.1	40
4.10 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ VGG Ver.2	42
4.11 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ VGG Ver.1.....	44
4.12 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ VGG Ver.2.....	44
4.13 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ของ Resnet 50 Ver.1	45
4.14 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ของ Resnet 50 Ver.2	46
4.15 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ Resnet 50 Ver.1.....	47
4.16 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ Resnet 50 Ver.2.....	50
4.17 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ Resnet 50 Ver.1	52
4.18 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ Resnet 50 Ver.2	52



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

การสูงวัยของประชากรเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั่วโลกในขณะนี้ เนื่องจากอัตราการเกิดที่ลดลงและการพัฒนาทางการแพทย์ที่ทำให้ผู้คนมีอายุยืนยาวขึ้น สำหรับประเทศไทย ประชากรผู้สูงอายุได้มีการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากเช่นเดียวกัน เมื่อ 50 ปีก่อน ผู้สูงอายุในประเทศไทย (อายุเกิน 60 ปีขึ้นไป) มีจำนวนไม่ถึง 2 ล้านคน แต่ในปี 2563 มีจำนวนเพิ่มขึ้นถึง 12 ล้านคน จากประชากรรวม 66.5 ล้านคน ซึ่งคิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ และในปี 2564 พบว่าอัตราการเกิดของประชากรน้อยลงเป็นอย่างมาก มีประชากรเกิดใหม่จำนวน 544,570 คน จากที่เคยมีถึง 818,901 คน ในปี 2555 (ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ) จำนวนการเกิดที่น้อยลงแสดงให้เห็นถึงการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุแบบสมบูรณ์ ผลกระทบที่เกิดจากการที่ประเทศไทยที่เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ นั้นคือ การที่ต้องแบ่งคนวัยทำงานมาดูแลผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มักจะมีโรคประจำตัวที่ต้องเฝ้าระวัง หรืออุบัติเหตุที่เกิดจากการล้ม ซึ่งอาจทำให้ผู้ดูแลเกิดความกังวลและความเครียด จากงานประจำและการดูแลผู้สูงอายุ จากปัญหาดังกล่าว การออกแบบพัฒนาระบบเฝ้าระวังผู้สูงภายในบ้าน จะช่วยให้ผู้ดูแลติดตามผู้สูงอายุได้ง่ายขึ้น

จากการศึกษา โรคและความเสี่ยงในผู้สูงอายุ พบว่าการล้มเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในผู้สูงอายุ โดยสาเหตุของการล้มเกิดจากการสูญเสียการทรงตัวโดยไม่ได้ตั้งใจ เนื่องจากความเสื่อมของระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว การมองเห็น การเจ็บป่วยด้วยโรคกระดูกและข้อเสื่อม กล้ามเนื้ออ่อนแรงอาการเวียนศีรษะ โรคทางสมอง หรือหลายสาเหตุรวมกัน การล้มจะส่งผลกระทบต่อผู้สูงอายุ ตั้งแต่การบาดเจ็บเล็กน้อยจนถึงการบาดเจ็บรุนแรง เช่น ภาวะกระดูกหัก การบาดเจ็บที่สมองหรือที่ผิวหนังอย่างรุนแรง จากข้อมูลรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2557 (วิชัย เอกพลากร, 2557) พบว่า สถานที่เกิดการหกล้ม มากกว่าร้อยละ 50 เกิดขึ้นนอกบ้าน และสาเหตุที่ทำให้ผู้สูงอายุหกล้มคือ ลื่นหกล้ม พบร้อยละ 37.6 และ 36.8 ในผู้สูงอายุชายและหญิง ตามลำดับ การบาดเจ็บที่สมอง มักจะเกิดจากการล้มที่ศีรษะกระแทกกับพื้น เช่น การสะดุดล้มคว่ำหน้า การลื่นล้มหายหลัง หรือการล้มก้นกระแทกพื้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตในผู้สูงอายุ ระบบตรวจจับการล้มที่สามารถแยกประเภทการล้ม จะทำให้มีประโยชน์

ต่อการคัดแยกผู้ป่วยที่โรงพยาบาล เนื่องจากสามารถประเมินระดับการล้มได้ก่อนที่จะนำตัวส่งโรงพยาบาลว่ามีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธีโครงข่ายประสาท ในการประมวลผลภาพวิดีโอ เพื่อตรวจจับการล้มและจำแนกประเภทการล้ม

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธีโครงข่ายประสาท ได้แก่ ค่าความถูกต้อง ความแม่นยำและค่าเรียกคืน

1.2.3 เพื่อออกแบบระบบเฝ้าระวังในผู้สูงอายุ โดยสามารถส่งการแจ้งเตือนเมื่อเกิดการล้มได้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธีโครงข่ายประสาท เป็นภาพวิดีโอที่เป็นการจำลองการล้มในพื้นที่ในร่ม

1.3.2 งานวิจัยนี้ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธีโครงข่ายประสาท เพื่อทดสอบความแม่นยำในการจำแนกประเภทการล้ม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อได้รับความรู้ในการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้วิธีโครงข่ายทางประสาทรวมกับการประมวลผลภาพวิดีโอ เพื่อตรวจจับการล้มและจำแนกประเภทการล้ม

1.4.2 เพื่อทราบความถูกต้องและความแม่นยำของการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้วิธีโครงข่ายทางประสาทในการตรวจจับการล้มและจำแนกประเภทการล้ม

1.4.3 สามารถสร้างระบบเฝ้าระวังผู้สูง ที่สามารถส่งการแจ้งเตือนเมื่อเกิดการล้ม

บทที่ 2

ปรัทัศนัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การล้มเป็นสาเหตุลำดับต้นของการเสียชีวิตในผู้สูงอายุ เนื่องจากความเสื่อมสภาพทางร่างกายทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการล้มได้ง่าย อาการบาดเจ็บจากการล้มมีระดับความรุนแรงตั้งแต่แผลถลอกไปจนถึงเสียชีวิต ระดับความรุนแรงของอาการบาดเจ็บ สามารถสังเกตได้จากการล้มในรูปแบบต่างๆ เช่น การสะดุดล้มคว่ำหน้า การลื่นล้มหงายหลัง หรือการล้มก้นกระแทกพื้น อย่างไรก็ตาม อาการบาดเจ็บที่ร้ายแรงที่สุดคืออาการบาดเจ็บที่ศีรษะ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อความรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตในผู้สูงอายุ เทคโนโลยีสำหรับติดตามการใช้ชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุจึงมีความจำเป็นอย่างมากในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การศึกษาประเทพร้อมทั้งความรุนแรงของอาการบาดเจ็บจากการล้ม และระบบเฝ้าระวังในผู้สูงอายุ

2.1 การล้ม

การล้ม หมายถึง การสูญเสียการทรงตัวโดยไม่ได้ตั้งใจ ทำให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายกระแทกกับพื้น หรือสิ่งของ ส่งผลให้เกิดบาดเจ็บตั้งแต่เล็กน้อยไปจนถึงขั้นเสียชีวิต

4.1.1 สาเหตุของการล้ม

ปัจจัยเสี่ยงที่เป็นสาเหตุของการล้มแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปัจจัยเสี่ยงภายในและปัจจัยเสี่ยงภายนอก

2.1.1.1 ปัจจัยเสี่ยงภายใน หมายถึง สภาพแวดล้อมภายในร่างกาย ซึ่งปัจจัยเสี่ยงที่เกิดจากความเสื่อมสภาพทางร่างกายจากอายุที่เพิ่มขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงด้านสายตา ทำให้เกิดการมองเห็นได้ไม่ชัดเจน กระดูกและข้อต่อที่อ่อนแอลง ทำให้สูญเสียการทรงตัว รวมถึงโรคประจำตัวหรือยาบางชนิดที่สามารถก่อให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะจนหมดสติ อาการเหล่านี้เป็นปัจจัยเสี่ยงภายในที่ไม่สามารถควบคุมหรือป้องกันได้ และเป็นสาเหตุที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บรุนแรงในการล้มได้

2.1.1.2 ปัจจัยเสี่ยงภายนอก หมายถึง สภาพแวดล้อมภายนอกในร่างกาย เช่น บ้านที่ไม่มีการจัดระเบียบเพิ่มเติมไปด้วยสิ่งของกีดขวางทางเดิน, แสงสว่างไม่เพียงพอต่อการมองเห็น, พื้นที่มีคราบน้ำทำให้สามารถลื่นได้ หรือขั้นบันไดที่สูงชัน สภาพแวดล้อมภายนอกเป็นปัจจัยเสี่ยงที่เราสามารถลดและป้องกันความเสี่ยงที่เกิดขึ้นได้

4.1.2 ประเภทของการล้า

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการล้าออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ คือการล้าคว่ำหน้า การล้าหงายหลัง การล้าไปด้านข้าง

1) การล้าคว่ำหน้า

การล้าไปข้างหน้า ส่วนใหญ่เกิดจากการสะดุด เนื่องจากเหยียบลงบนวัตถุที่มองไม่เห็นโดยไม่ได้ตั้งใจ ขณะที่แรงเฉื่อยทำให้จุดศูนย์กลางเคลื่อนที่ต่อไป ส่งผลให้ลำตัวไม่สมดุล ลำตัวอาจโค้งไปข้างหน้า เมื่อจุดศูนย์กลางเคลื่อนออกไป จากแรงต้านที่เกิดขึ้นกับเท้าที่เคลื่อนไหว ทำให้บุคคลนั้นสะดุดและล้า การสะดุดมักเกิดขึ้นในห้องที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอและมีสิ่งของวางผิดที่บนพื้น บุคคลที่มีอาการผิดปกติทางระบบประสาทหรือระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูกมีความเสี่ยงที่จะสะดุดมากกว่าปกติ

2) การล้าหงายหลัง

การล้าหงายหลัง มักจะเกิดจากการลื่น โดยเกิดขึ้นเมื่อแรงเสียดทานที่ด้านทิศทางการเคลื่อนไหวของเท้ามีค่าน้อยกว่าแรงเฉื่อยแนวนอนของเท้าทันที หลังจากที่สัมผัสพื้น ขาจะเลื่อนออกจากตำแหน่งและบุคคลนั้นไม่สามารถยืนตัวตรงได้อีกต่อไป ผู้สูงอายุจะมีประสิทธิภาพความรู้สึกถึงการที่เท้าลุดลง การใส่รองเท้าที่ไม่เหมาะสมและมีสิ่งกีดขวางทางเดินยิ่งเพิ่มโอกาสในการลื่น สถานที่เกิดอุบัติเหตุมักจะเกิดจากการลื่นในห้องน้ำและห้องครัวหรือขณะเดินลงบันได บุคคลที่มีปัญหาในการเดินมาก่อน เช่น อาการปวดหลัง โรคพาร์กินสัน โรคหลอดเลือดสมอง หรือโรคหลอดเลือดสมอง มักจะลื่นล้มได้ง่าย

3) การล้าไปด้านข้าง

การล้าไปด้านข้าง สาเหตุส่วนใหญ่จะเกิดจากอาการเป็นลม เนื่องจากการไหลเวียนของเลือดในสมองบกพร่องและภาวะสมองขาดออกซิเจนชั่วคราว ส่งผลให้สูญเสียการทรงตัว โดยมักจะมีอาการเซไปทางด้านใดด้านหนึ่งก่อนที่จะหมดสติ ความผิดปกติใดๆ ที่เป็นสาเหตุให้ขัดขวางการไหลเวียนของเลือดไปยังสมองทำให้มีออกซิเจนไม่เพียงพออาจทำให้เป็นลมได้ สาเหตุอาจมีได้ตั้งแต่ภาวะโลหิตจางเรื้อรัง หัวใจเต้นผิดจังหวะ ไปจนถึงภาวะผิดปกติของระบบประสาทอัตโนมัติ เป็นต้น

2.2 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image processing) หมายถึงการนำภาพเข้ามาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ข้อมูลที่สนใจนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงคุณภาพและปริมาณ ในการ

ประมวลผลมีขั้นตอนที่สำคัญหลายประการ เช่น การปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนของภาพ หรือการแบ่งส่วนวัตถุที่สนใจออกจากภาพ เพื่อนำไปหาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาดรูปร่าง และทิศทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุ และนำไปวิเคราะห์และใช้ประโยชน์ในงานด้านอื่นๆต่อไป

4.1.3 ความรู้เกี่ยวกับภาพ

ภาพสามารถกำหนดเป็นฟังก์ชันสองมิติ $f(x, y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดเชิงพื้นที่ (ระนาบ) และแอมพลิจูดของ f ที่พิกัดคูใดๆ สามารถแสดงได้ในรูปแบบ

$$0 < f(x, y) < \infty \quad (2.1)$$

เมื่อ $f(x, y)$ มีค่ามากกว่า 0 และมีขอบเขต ดังนั้น $f(x, y)$ คือค่าตัวเลขของภาพ ณ ตำแหน่ง (x, y) ถ้าในรูปแบบภาพระดับเทา จะหมายถึงค่าความเข้มของแสง

$f(x, y)$ เป็นฟังก์ชันของภาพที่เกิดจากการที่แสงตกกระทบลงบนวัตถุ แล้วสะท้อนออกมา ดังนั้นภาพจึงมีองค์ประกอบอยู่สองส่วนคือ 1) แสง (Illumination) ที่ตกกระทบลงบนวัตถุ และ 2) แสงที่สะท้อน (Reflection) ออกมาจากวัตถุ ดังนั้นฟังก์ชัน $f(x, y)$ จึงเขียนในรูปที่รวมทั้งสององค์ประกอบเข้าด้วยกันได้ดังนี้ (Gonzalez & Wood, 2002)

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y) \quad (2.2)$$

เมื่อ

$$0 < i(x, y) < \infty$$

และ

$$0 < r(x, y) < 1$$

หมายความว่าฟังก์ชัน $f(x, y)$ ในสมการที่ 4.2 จะต้องประกอบด้วย แสง $i(x, y)$ และการสะท้อนแสงของวัตถุ $r(x, y)$ ถ้า $i(x, y) \approx 0$ หรือ $r(x, y) \approx 0$ จะทำให้ไม่สามารถมองเห็นภาพวัตถุได้

ภาพโดยทั่วไปที่ถูกนำมาคำนวณด้วยการประมวลผลภาพพบได้สามแบบ คือภาพสี (Color Image) ภาพระดับเทา (Gray Level Image) และภาพสองระดับ (Binary Image)

ภาพสี คือภาพในแต่ละพิกเซลที่ประกอบด้วยแม่สี แดง เขียว และน้ำเงิน แต่ละแม่สีจะใช้พื้นที่ในการจัดเก็บ 8 บิต ดังนั้นแต่ละพิกเซลของภาพสีจึงใช้พื้นที่ในการจัดเก็บ 24 บิต (3 ไบต์) และสามารถแสดงสีได้ประมาณ 224 ล้านสี (16,777,215 ล้านสี)

ภาพระดับเทา เป็นภาพที่แสดงถึงระดับความเข้มของแสง ซึ่งแต่ละพิกเซลจะประกอบด้วยตัวเลขเพียงหนึ่งตัว โดยทั่วไป แต่ละพิกเซลจะมีขนาด 8 บิต (1 ไบต์) และสามารถแสดงระดับความเข้มของแสงได้ 256 ระดับ จากมืด (สีดำ) มีค่าเป็น 0 ไปจนถึงสว่าง (สีขาว) มีค่าเป็น 255 ภาพระดับเทาเป็นรูปแบบภาพที่ถูกนำมาใช้ในการประมวลผลภาพมากที่สุด

ภาพสองระดับ คือภาพขาวดำ ซึ่งแต่ละพิกเซลจะมีเพียง 2 รหัส คือ ขาว และ ดำ โดยแทนเป็นรหัส 0 หรือ 1 ภาพสองระดับก็ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากมีแค่สองระดับ ดังนั้นรายละเอียดของภาพจึงหายไป มีเพียงแต่ภาพโครงร่างของวัตถุเท่านั้น ภาพสองระดับอาจเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการทำการประมวลผลภาพ เช่นการหาขอบภาพ และการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง เป็นต้น

4.1.4 การประมวลผลภาพเบื้องต้น

ขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้นเป็นการเตรียมภาพให้มีความเหมาะสม เช่น การปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นในกรณีที่ภาพมีความคมชัด (Contrast) น้อยหรือเบลอ สามารถปรับภาพให้คมชัดได้ การกำจัดสัญญาณรบกวนของภาพ หรือการแบ่งส่วนวัตถุที่สนใจออกจากภาพ

2.1.4.1 การปรับการปรับปรุงคุณภาพ (Image Enhancement)

1) ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรมภาพคือกราฟที่ใช้ในการอธิบายการกระจายตัวของ สีหรือการกระจายตัวของค่าระดับเทา ฮิสโตแกรมของภาพระดับเทา จะบ่งบอกลักษณะภาพว่ามีความมืดหรือความสว่างมากน้อยเพียงใด ฮิสโตแกรมของภาพระดับเทาอยู่ในช่วง $[0, L - 1]$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง จะได้ฮิสโตแกรมของภาพ คือ $h(r_k) = n_k$ โดยที่ r_k คือ ระดับสีเทาลำดับที่ k และ n_k คือจำนวนพิกเซลของระดับสีเทา r_k ฮิสโตแกรมทำให้เป็นค่ามาตรฐานได้โดยการหารแต่ละค่าด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมดในรูปภาพ (n) ดังนั้นสมการที่ได้จะเป็น

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad \text{โดย } k = 0, 1, \dots, L - 1 \quad (2.3)$$

ฮิสโตแกรมที่ถูกทำให้เป็นค่ามาตรฐานแล้ว ผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดของฮิสโตแกรมจะมีค่าเท่ากับ 1

การปรับสมดุลฮิสโตแกรม (Histogram Equalization) คือ การปรับความคมชัดของภาพ โดยการกระจายแก่งฮิสโตแกรมของภาพหรือความเข้มในภาพดัชนี หรือภาพสีเทาให้เท่าเทียมกัน จะทำให้ภาพนั้นสว่างขึ้นและมีความคมชัดเพิ่มขึ้น การทำฮิสโตแกรมให้เท่ากันสามารถทำได้โดยใช้ฟังก์ชันในการเปลี่ยนรูป

$$y' = f(x) = \sum_{i=0}^k p_i \quad (2.4)$$

เมื่อ $p_i = \frac{n_i}{N}$ โดยที่ $0 \leq i \leq L-1$, n_i คือ จำนวนจุดพิกเซลของค่าระดับเทาที่ i และ N คือจำนวน จุดพิกเซลทั้งหมดภายในภาพ กำหนดให้ $p_i = p(r_k)$ ดังนั้น จะได้

$$y' = f(x) = \sum_{i=0}^k p(r_k) \quad (2.5)$$

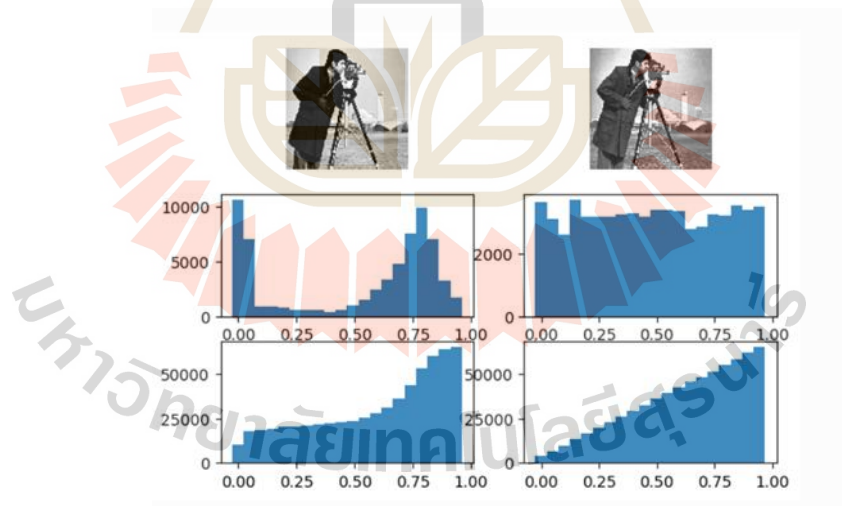
เนื่องจากผลลัพธ์ของ y' มีค่าอยู่ในช่วง $[0,1]$ ดังนั้น จึงต้องมีการแปลงค่ากลับให้อยู่ในช่วง $[0, L-1]$ โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$y_1 = \lfloor y'(L-1) + 0.5 \rfloor \quad (2.6)$$

หรือ

$$y_2 = \left\lfloor \frac{y' - y'_{\min}}{1 - y'_{\min}} (L-1) + 0.5 \right\rfloor \quad (2.7)$$

ทั้งสองสมการเป็นการเปลี่ยนค่า y' ที่มีค่าอยู่ระหว่าง $[0,1]$ ไปเป็น y_1 หรือ y_2 ที่มีค่าอยู่ในช่วง $[0, L-1]$ โดยมีการปัดเศษด้วย $\lfloor +0.5 \rfloor$



รูปที่ 2.1 การปรับปรุงความสว่างของภาพด้วยวิธี Histogram Equalization (ที่มา :

<https://staff.fnwi.uva.nl/r.vandenboomgaard/IPCV20172018/index.html>)

2) การกรองภาพ (Filtering)

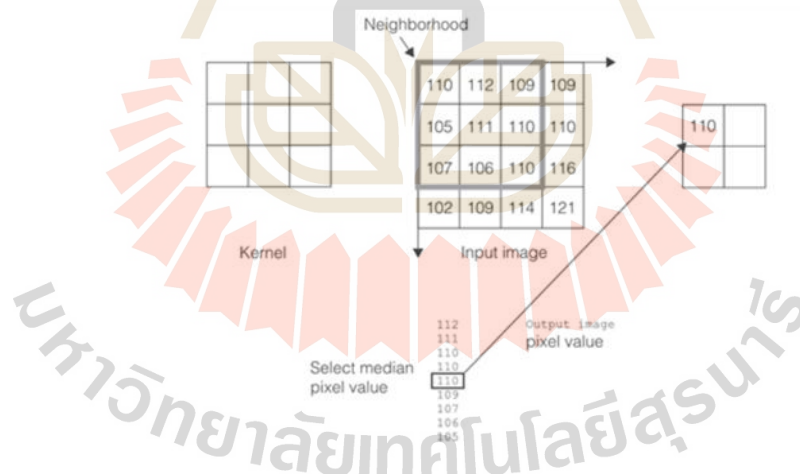
การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น

วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือการเน้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ การกรองภาพสำหรับการเบลอภาพและลดสัญญาณรบกวนในภาพด้วยการใช้ตัวกรองเฉลี่ยและคำสั่งตัวกรองทางสถิติ ที่นิยมใช้กันมี 2 วิธี คือ การกรองค่าเฉลี่ย (Average Filtering) และการกรองค่ามัธยฐาน (Median Filtering)

การกรองค่าเฉลี่ย คือ การแทนที่ค่าของทุกๆ พิกเซลในรูปภาพด้วยค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาในพื้นที่ใกล้เคียงที่กำหนดโดยหน้ากาก(Mask)ตัวกรอง การกรองค่าเฉลี่ยใช้สำหรับการทำให้เบลอและลดจุดรบกวน การกรองค่าเฉลี่ยเป็นการกรองเชิงพื้นที่ กลไกการทำงานคือการเคลื่อนย้ายหน้ากากตัวกรองจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในภาพในแต่ละจุด (x, y) การตอบสนองของตัวกรอง ณ จุดนั้นจะถูกคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ที่กำหนดไว้ คือค่าเฉลี่ยบริเวณรอบๆ ซึ่งเขียนเป็นสมการหน้ากากตัวกรองได้ดังนี้

$$R = \frac{1}{mn} \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b f(x+s, y+t) \quad (2.8)$$

เมื่อ $a = \frac{(m-1)}{2}$ และ ตัวแปร $b = \frac{(n-1)}{2}$ โดยที่ m และ n คือขนาดของหน้ากากตัวกรอง



รูปที่ 2.2 แสดงการกรองค่ามัธยฐาน (ที่มา <https://support.cognex.com>)

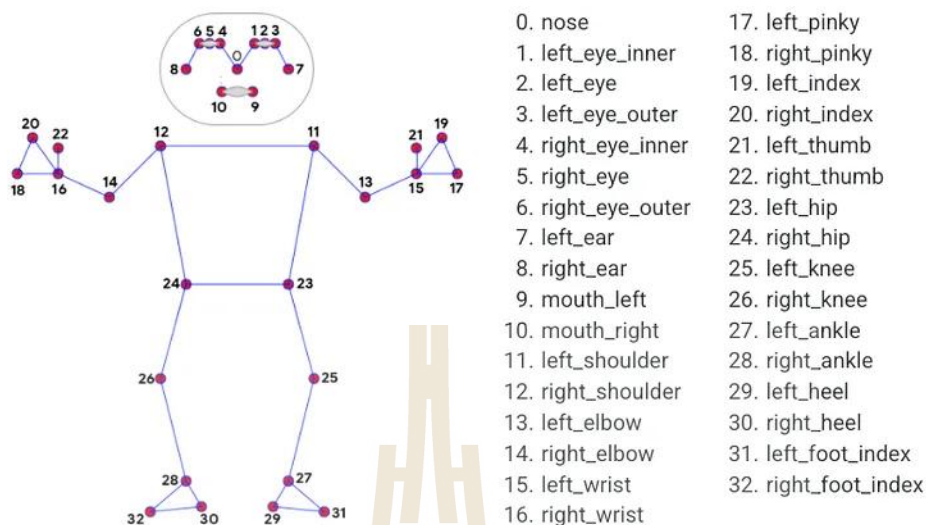
การกรองค่ามัธยฐาน คือ การแทนที่ค่าของพิกเซลด้วยค่ามัธยฐานของระดับสีเทาในบริเวณใกล้เคียงของพิกเซลนั้น ตัวอย่างการหาค่าตัวกรองมัธยฐานที่มีขนาด หน้ากากตัวกรอง 3x3 โดยจะนำค่าที่อยู่โดยรอบตำแหน่งมาเรียงกัน และเลือกค่าที่อยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.2

2.3 การประมาณการท่วงท่าของมนุษย์ (Human Pose Estimation)

การประมาณการท่วงท่าของมนุษย์ (Human Pose Estimation) คือ การทำให้คอมพิวเตอร์สามารถตรวจจับและติดตามตำแหน่งจุดสำคัญบนร่างกายของมนุษย์ เช่น ตา คิ้ว ปาก ข้อศอก มือ หัวเข่า ข้อเท้าและเท้า เป็นจุดสำคัญบางส่วนที่สามารถประเมินท่าทางของบุคคลได้ จุดสำคัญเหล่านี้โดยทั่วไปจะแสดงเป็นชุดพิกัด การประมาณการทำทางนี้ถูกนำมาใช้กับรูปภาพและวิดีโอเพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในงานแอนิเมชัน หรือทางด้านกีฬาและสุขภาพ สำหรับชุดโครงสร้างการประมาณการท่วงท่าของมนุษย์ (Human Pose Estimation frameworks) ประกอบด้วยเครื่องมือและไลบรารีสำหรับการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น การฝึกแบบจำลอง การประเมินและการอนุมาน รวมถึงเทคนิคและอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการประมาณท่าทางอีกด้วย

MediaPipe เป็นโอเพนซอร์สข้ามแพลตฟอร์มที่พัฒนาโดย google เพื่อสร้างไปป์ไลน์ของงานประมวลผลมัลติมีเดีย รวมถึงการประมาณท่าทางของมนุษย์ สามารถใช้งานง่ายและปรับใช้ได้บนแพลตฟอร์มต่างๆ รวมถึงอุปกรณ์พกพา คอมพิวเตอร์เดสก์ท็อป และเซิร์ฟเวอร์ นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบาและมีประสิทธิภาพค่อนข้างมาก ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานแบบเรียลไทม์ แพลตฟอร์มนี้ มีฟังก์ชันให้ใช้ได้หลากหลายเช่น การประมาณท่าทาง การตรวจจับใบหน้า และการติดตามมือ

ศีรษะ ไหล่ ข้อศอก ข้อมือ มือ สะโพก เข่า และข้อเท้า เป็นเพียงจุดสังเกต 3 มิติบางส่วนจากทั้งหมด 33 จุดบนร่างกายมนุษย์ที่ MediaPipe สามารถระบุได้เพื่อประเมินท่าทางของบุคคล จุดทั้ง 33 จุดแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงจุดสำคัญ 33 จุด บนร่างกายที่ MediaPipe ระบุตำแหน่ง
(ที่มา : <https://medium.com>)

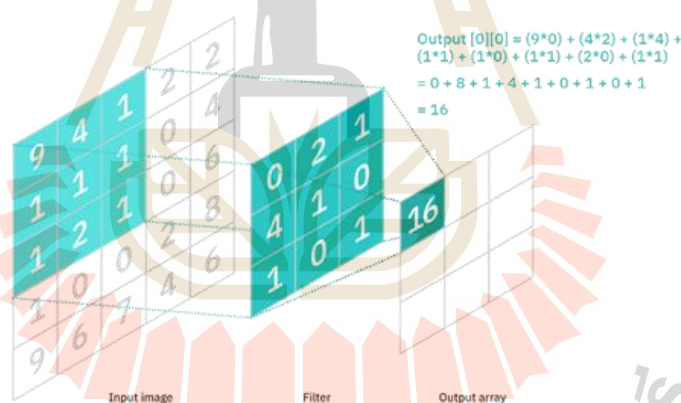
2.4 การประมวลผลภาพด้วยปัญญาประดิษฐ์

ปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI (Artificial Intelligence) คือ ระบบประมวลผล ที่มีการวิเคราะห์เชิงลึก คล้ายความฉลาดของมนุษย์ กลไกการทำงานหลักการทำงานของ AI จะประกอบด้วย การเรียนรู้เรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning หรือ ML) ที่มีลักษณะมุ่งเน้นการสอนให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยอาศัยชุดข้อมูลตัวอย่าง ระบบจะสกัดสาระสำคัญจากตัวอย่างเหล่านี้เอง หลังจากการเรียนรู้เสร็จสิ้นด้วยตัวอย่างจำนวนหนึ่งอย่างเพียงพอ เครื่องหรือระบบที่เรียนรู้แล้วนี้สามารถนำไปใช้ในการประมวลผลของตัวอย่างใหม่ที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning หรือ DL) เป็นเทคนิคที่ทำให้เครื่องจักรสามารถเลียนพฤติกรรมของมนุษย์ได้ โดยเทคนิคเหล่านี้ถูกเลียนแบบมาจากการจำลองการทำงานเครือข่ายประสาทในสมองของมนุษย์ที่ประกอบไปด้วยเซลล์ประสาท (Neuron) หลาย ๆ เซลล์มาเชื่อมต่อกันจนเป็นโครงข่ายประสาท

Convolutional Neural Network หรือโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน เป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่ม bio-inspired โดยที่ CNN จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นที่ย่อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ มาผสมกัน โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเป็นอัลกอริทึมที่เน้นใช้กับรูปภาพโดยจะดึงจุดเด่นของภาพนั้นๆออกมาได้ เพื่อนำมาจำแนกประเภท (Classification) โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน เป็นการประยุกต์รวมกันของ 3

สถาปัตยกรรมหลักได้แก่ คอนโวลูชัน พูลิ่งและพูลี่คอนเนคเตด ที่ถูกจัดเรียงกันเป็นลำดับชั้น (Layer)

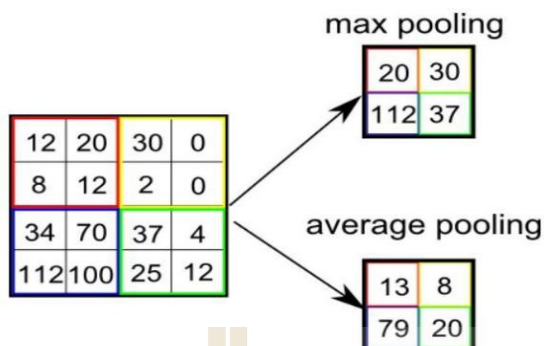
1) คอนโวลูชันเลเยอร์(Convolutional Layer) เป็นส่วนประกอบหลักของ CNN และเป็นที่เกิดการคำนวณส่วนใหญ่ จำเป็นต้องมีองค์ประกอบสามอย่าง ได้แก่ ข้อมูลที่ป้อน ตัวกรอง และแผนผังคุณลักษณะ การคำนวณจะเกิดจากการคูณกันระหว่าง ภาพอินพุต กับฟิลเตอร์(Filter) หรือ เคอร์เนล (Kernel) ที่มีการระบุขนาด โดยมีการเลื่อนเคอร์เนลการคูณไปจนครบทั้งภาพอินพุต หลังจากนั้นผลลัพธ์จะถูกส่งไปทำงานร่วมกับ Activation Function ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่รับผลรวมการประมวลผลทั้งหมดจากทุกอินพุต แล้วพิจารณาว่าจะส่งค่าออกไปเป็นอย่างไร ซึ่งค่าจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันที่ถูกนำมาใช้ ซึ่งในปัจจุบันมักจะใช้ Rectified Linear Unit (ReLU) ในเลเยอร์นี้มีไฮเปอร์พารามิเตอร์สามตัวที่ส่งผลต่อเอาต์พุตที่จำเป็นต้องตั้งค่าก่อนเริ่มการฝึกของโครงข่ายประสาทเทียม ได้แก่ จำนวนตัวกรองเนื่องจากจะส่งผลต่อความลึกของเอาต์พุต , Stride ระยะทางหรือจำนวนพิกเซลที่เคอร์เนลเคลื่อนผ่านเมทริกซ์อินพุต , Padding จะต้องมีการปรับเมื่อฟิลเตอร์ไม่พอดีกับภาพที่ป้อนเข้ามา



รูปที่ 2.4 ภาพแสดงการทำงานของคอนโวลูชันเลเยอร์

(ที่มา : <https://www.ibm.com/cloud/learn/convolutional-neural-networks>)

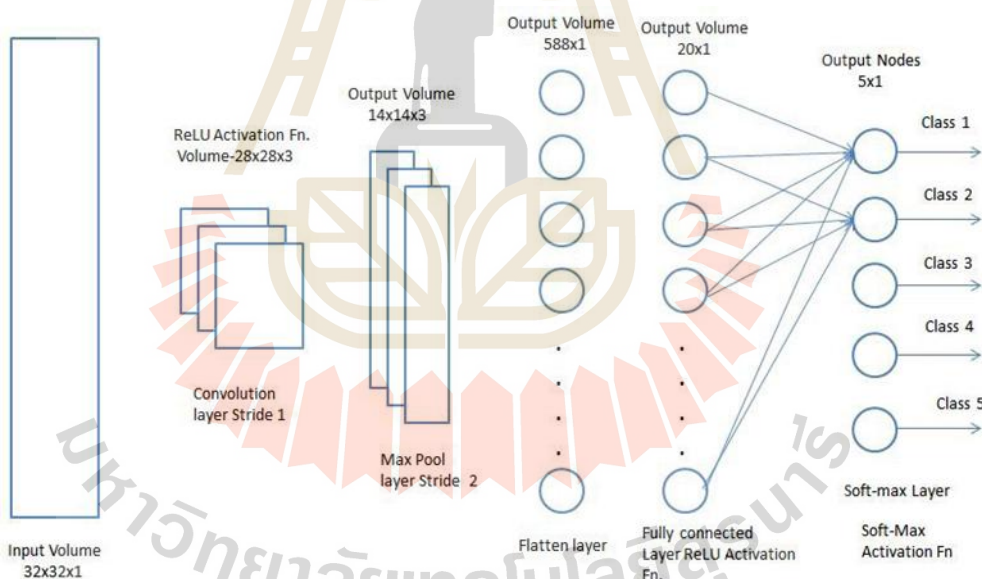
2) พูลิ่งเลเยอร์(Pooling Layer) เป็นขั้นตอนที่สอง ต่อจากคอนโวลูชันเลเยอร์การพูลิ่งเป็นการลดมิติของภาพ (Down Sampling) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การพูลิ่งจากค่ามากที่สุด (Max Pooling) และการพูลิ่งจากค่าเฉลี่ย (Average Pooling) โดยการสร้างเคอร์เนลขนาดที่นิยมใช้ได้แก่ 2 x 2 เลื่อนจนครบขนาดของอินพุตที่ได้จากคอนโวลูชันเลเยอร์



รูปที่ 2.5 ภาพแสดงประเภทการทำงานของพูลิ่งเลเยอร์

(ที่มา : <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>)

3) ฟูลลี่คอนเนคเต็ดเลเยอร์ (Fully-connected layer) คือการนำผลลัพธ์ทั้งหมดที่ออกมาจากการทำคอนโวลูชันเลเยอร์หรือพูลิ่งเลเยอร์โดยทำการแผ่ออก (Flatten) จาก 2 มิติให้กลายเป็น 1 มิติ ข้อมูลจะถูกเชื่อมต่อกันทั้งหมด ก่อนนำไปเข้าสู่ขั้นตอนการจำแนก



รูปที่ 2.6 ภาพแสดงการทำงานของฟูลลี่คอนเนคเต็ดเลเยอร์ (ที่มา :

<https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>)

2.5 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองนั้น ความถูกต้อง (Accuracy) และความสูญเสีย (Loss) เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการวัด (Metric) หรือประเมินแบบจำลองแบบจำแนกประเภท (Classification Model) สำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) การจำแนกประเภทคือการแบ่งชุดข้อมูลใหม่ ให้กับชุดข้อมูลย่อยในแต่ละประเภท โดยแบ่งมาจากชุดการฝึกอบรมของข้อมูลที่เป็นสมาชิกของชุดข้อมูลย่อยจากการสังเกตในแต่ละครั้ง โดยตัวจำแนกประเภทมีอยู่สามประเภทหลัก ประเภทที่ 1 คือ การจำแนกแบบไบนารี (Binary) ผลลัพธ์การจำแนกที่เป็นไปได้จะมีเพียงสองแบบเท่านั้น เช่น ถูกหรือผิด ประเภทที่ 2 คือ การจำแนกแบบหลายคลาส (Multi-class) ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ที่แยกกันหลายแบบ เช่น สัตว์ พืช หรือแร่ธาตุ และประเภทที่ 3 การจำแนกแบบหลายป้ายกำกับ (Multi-label) ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ที่อาจมีข้อมูลที่ทับซ้อนกันหลายแบบ เช่น ข้อมูลสามารถมีเนื้อหาเกี่ยวกับกีฬา การเงิน และการเมือง

4.1.5 ตัวชี้วัดประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกประเภท

2.5.1.1 Confusion Matrix

Confusion Matrix เป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการทำนาย (Prediction) ที่ทำนายจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากการเรียนรู้ของเครื่อง แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงคอนฟิวชันเมทริกซ์ (Confusion Matrix)

	Actually Positive	Actually Negative
Predicted Positive	True Positive (TP)	False Positive (FP)
Predicted Negative	False Negative (FN)	True Negative (TN)

True Positive (TP) สิ่งที่ทำนายตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง คือ แบบจำลองทำนายว่าเกิดการล้มและเกิดการล้มจริง

True Negative (TN) สิ่งที่ทำนายตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น (ทำนายว่าไม่จริง และสิ่งที่เกิดขึ้นก็คือไม่จริง) คือ แบบจำลองทำนายว่าไม่เกิดการล้ม และไม่เกิดการล้มจริง

False Positive (FP) สิ่งที่ทำนายไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น คือ แบบจำลองทำนายว่าเกิดการล้ม แต่ความจริงไม่เกิดการล้ม

False Negative (FN) สิ่งที่ทำนายไม่ตรงกับที่ที่เกิดขึ้นจริง (ทำนายว่าไม่จริง แต่สิ่งที่เกิดขึ้นคือจริง) คือ แบบจำลองทำนายว่าไม่เกิดการล้ม แต่ความจริงเกิดการล้ม

2.1.5.2 ความถูกต้อง (Accuracy)

ความถูกต้อง (Accuracy) คือค่าความสามารถของการจำแนกประเภทข้อมูลในการระบุเฉพาะกรณีที่ต้องสำหรับแต่ละคลาส แสดงดังสมการ (2.10)

$$\text{ความถูกต้อง (Accuracy)} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2.10)$$

2.1.5.3 ค่าความแม่นยำ (Precision)

ค่าความแม่นยำ (Precision) คือ ค่าจำนวนที่ทำนายถูกต้องจากข้อมูลที่ทำนายในคลาสที่พิจารณาอยู่ แสดงดังสมการ (2.11)

$$\text{ค่าความแม่นยำ (Precision)} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2.11)$$

2.1.5.4 ค่าเรียกคืน (Recall)

การเรียกคืน (Recall) คือความสามารถของตัวจำแนกประเภทในการค้นหากรณีที่ต้องทั้งหมดต่อคลาส แสดงดังสมการ (2.12)

$$\text{ค่าเรียกคืน (Recall)} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.12)$$

2.1.5.5 F1-Score

F1-Score คือ ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกถ่วงน้ำหนักของความแม่นยำ (Precision) และค่าเรียกคืน (Recall) F1-Score แสดงถึงความสมดุล เนื่องจากความแม่นยำและค่าเรียกคืนมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน แสดงดังสมการ (2.13)

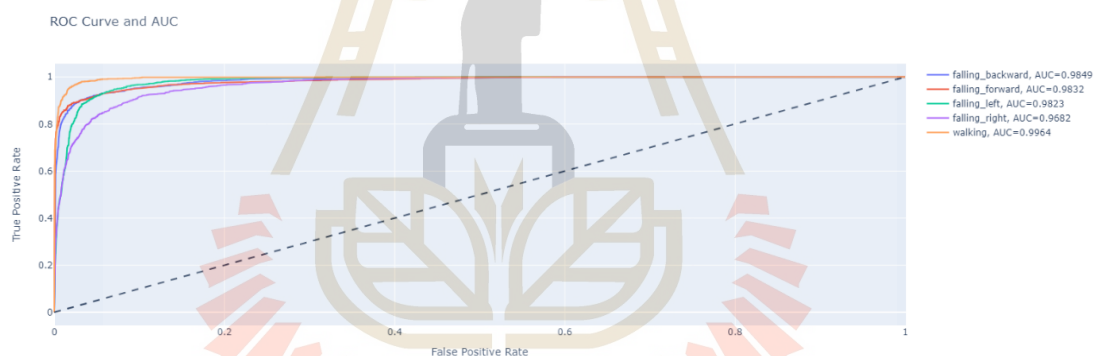
$$F1\text{-Score} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (2.13)$$

6) Receiver Operator Characteristic (ROC) curve

ROC เป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่น่าทายถูก (True Positive Rate) (แกน Y) และทำนายผิด (False Positive Rate) (แกน X) ของแต่ละคลาสเป้าหมาย ROC Curve มีค่าเข้าใกล้ 1 จะแสดงว่ามีประสิทธิภาพดี

7) Area Under Curve (AUC)

AUC ใช้แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟ ROC มีค่ามาก (เข้าใกล้ 1) แสดงว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพในการทำนาย



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะกราฟของ ROC และ AUC

2.6 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเกี่ยวกับการล้มในแบบต่างๆ ที่เป็นลำดับต้นของการเสียชีวิตในผู้สูงอายุ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาระบบตรวจจับการหกล้มผ่านกล้องวิดีโอ เทคนิคการประมวลผลภาพวีดีโอ ตัวอย่างเช่น

งานวิจัยของ de Miguel, K. et al. (2017) นำเสนอเกี่ยวกับระบบตรวจจับการล้มแบบบูรณาการผ่านกล้องวิดีโอที่มีต้นทุนต่ำ ระบบทำงานอย่างมีประสิทธิภาพประมาณ 96% ในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุม มีการใช้เทคนิคในการลบภาพพื้นหลัง ตัวกรองกาลมาน และออปติ

คัลโฟลว์ ก่อนนำไปให้การตัดสินใจของเครื่องเรียนรู้ (Machine Learning) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัด ระบบที่อธิบายในบทความนี้ได้รับการออกมาสำหรับสถานการณ์ในเวลากลางวัน

งานวิจัยของ Elangovan, R. และ Padmavathi, s. (2021) นำเสนอการแก้ปัญหาเรื่องการตรวจจับการล้มในสถานที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของแสงตลอดทั้งวัน รวมทั้งการตรวจจับการล้มในที่มืดเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ บทความนี้ได้เสนอระบบการตรวจสอบตลอด 24 ชั่วโมงสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้เทปสะท้อนแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นนำมาติดกับเสื้อผ้าทั่วไป และตรวจสอบผ่านกล้องอินฟราเรด (IR) ราคาประหยัดที่ติดตั้งอยู่ในที่อยู่อาศัย กล้อง IR บันทึกวิดีโอแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงความสว่างหรือความส่องสว่างเป็นศูนย์ ทดสอบประสิทธิภาพของระบบโดยใช้อาสาสมัครในกลุ่มอายุต่างๆ ระบบสามารถจำแนกว่าล้มหรือไม่ล้ม ด้วยความแม่นยำ 99.01%

งานวิจัยของ Martínez-Villaseñor, L. et al. (2019) การศึกษานี้ นำเสนอ UP-Fall Detection Dataset ซึ่งเป็นชุดข้อมูลประกอบด้วยชุดข้อมูลดิบโดยได้ออกแบบการทดลองไว้ทั้งหมด 7 การทดลอง โดยมีการใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์อินฟราเรด, อุปกรณ์สวมใส่ IMUs, เครื่องวัดสัญญาณ EEG และภาพจากกล้อง นำมาประมวลผลรวมกับการเรียนรู้ของเครื่องหลากหลายแบบจำลอง ซึ่งทำให้สามารถเปรียบเทียบและเลือกใช้แบบจำลองในการทำนายข้อมูลได้สำหรับข้อมูลในหลากหลายรูปแบบ จุดประสงค์หลักของการศึกษานี้ เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดชุดข้อมูลหลายรูปแบบสำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง ในการศึกษายังมีขีดจำกัดในเรื่องของสภาพแวดล้อมในการล้มจริง เนื่องจากเป็นข้อมูลเป็นแบบจำลองการล้ม

งานวิจัยของ Chen, Y. et al. (2020) งานนี้เสนอระบบตรวจจับการล้มโดยใช้ Edge Computing สำหรับผู้สูงอายุ พารามิเตอร์พื้นฐานของผู้สูงอายุ คำนวณโดย edge node และส่งไปยังคลาวด์ จากนั้นเซิร์ฟเวอร์คลาวด์จะส่งแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดกลับไป edge node เพื่อตรวจจับการล้ม เมื่อเกิดการตรวจจับที่ผิดพลาด รูปภาพที่ตรวจจับผิดพลาดของผู้ใช้จะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์คลาวด์เพื่อฝึกแบบจำลองการตรวจจับใหม่ งานนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสามประเภทและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ได้แก่ LeNet, AlexNet และ GoogLeNet ผลการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพของ GoogLeNet และ AlexNet มีความคล้ายคลึงกัน แต่ ความไวของ AlexNet และ LeNet นั้นต่ำกว่า GoogLeNet มาก ค่าความไวต่ำ แสดงให้ว่าอาจตรวจไม่พบอุบัติเหตุการหกล้มและผู้สูงอายุอาจเสียชีวิตได้ ดังนั้นแม้ว่าค่าใช้จ่ายในการคำนวณของ LeNet และ AlexNet จะต่ำ แต่ก็ไม่เหมาะกับระบบตรวจจับการล้ม GoogLeNet จึงเป็นตัวเลือกที่ดีในงานวิจัยนี้

งานวิจัยของ Chua, J.-L. et al. (2015) เสนอการแสดงรูปร่างของมนุษย์โดยใช้เซนทรอยด์สามส่วนจากบริเวณต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ แบ่งด้วยอัตราส่วน 30:40:30 % เพื่อแยกความแตกต่าง

ระหว่างส่วนบน กลาง และล่างแทนการใช้กล่องล้อมรอบแบบธรรมดาหรือวงรี โดยความแม่นยำของระบบสามารถตรวจจับการลំมอยู่ที่ 90.5 % ในงานนี้ยังต้องมีการปรับปรุงเพื่อลดข้อผิดพลาดจากการแจ้งเตือน และการนำไปใช้ในที่มีแสงสว่างต่างกัน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ภาพวิดีโอการล้ม และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ด้วยโปรแกรม Visual studio code และ Google Colab

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือ	
1.	เครื่องคอมพิวเตอร์ LAPTOP-8FES7VFD -หน่วยประมวลผลกลาง: AMD Ryzen 7 3750H with Radeon Vega Mobile Gfx 2.30 GHz -หน่วยความจำ: 8.00 GB -หน่วยประมวลผลกราฟิก: NVIDIA GeForce GTX -ระบบปฏิบัติการ: Windows 10
โปรแกรม	
2.	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Vision studio code version
3.	โปรแกรมภาษาไพธอน : Google Colab

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

วิดีโอจำลองการล้ม ประกอบไปด้วย วิดีโอจำลองการล้ม 4 แบบ คือ การล้มคว่ำหน้า การล้มหงายหลัง การล้มไปทางซ้าย การล้มไปทางขวา และวิดีโอการเดิน เป็นข้อมูลประเภท avi จาก Multiple cameras fall data set , Dataset for human fall recognition in an uncontrolled environment และ Fall Video <http://foe.mmu.edu.my/digitalhome/FallVideo.zip> มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วีดีโอจำลองการล้มและการเดินที่ใช้ในการศึกษา

ชุดข้อมูล	ปี	รูปแบบไฟล์	การควบคุมสิ่งแวดล้อม	จำนวนวีดีโอในชุดข้อมูล
Multiple cameras fall data set	2010	avi	มี	192
FallVideo	2013	avi	มี	21
Dataset for human fall recognition in an uncontrolled environment	2022	avi	ไม่มี	100

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 5 หัวข้อหลัก ๆ คือ

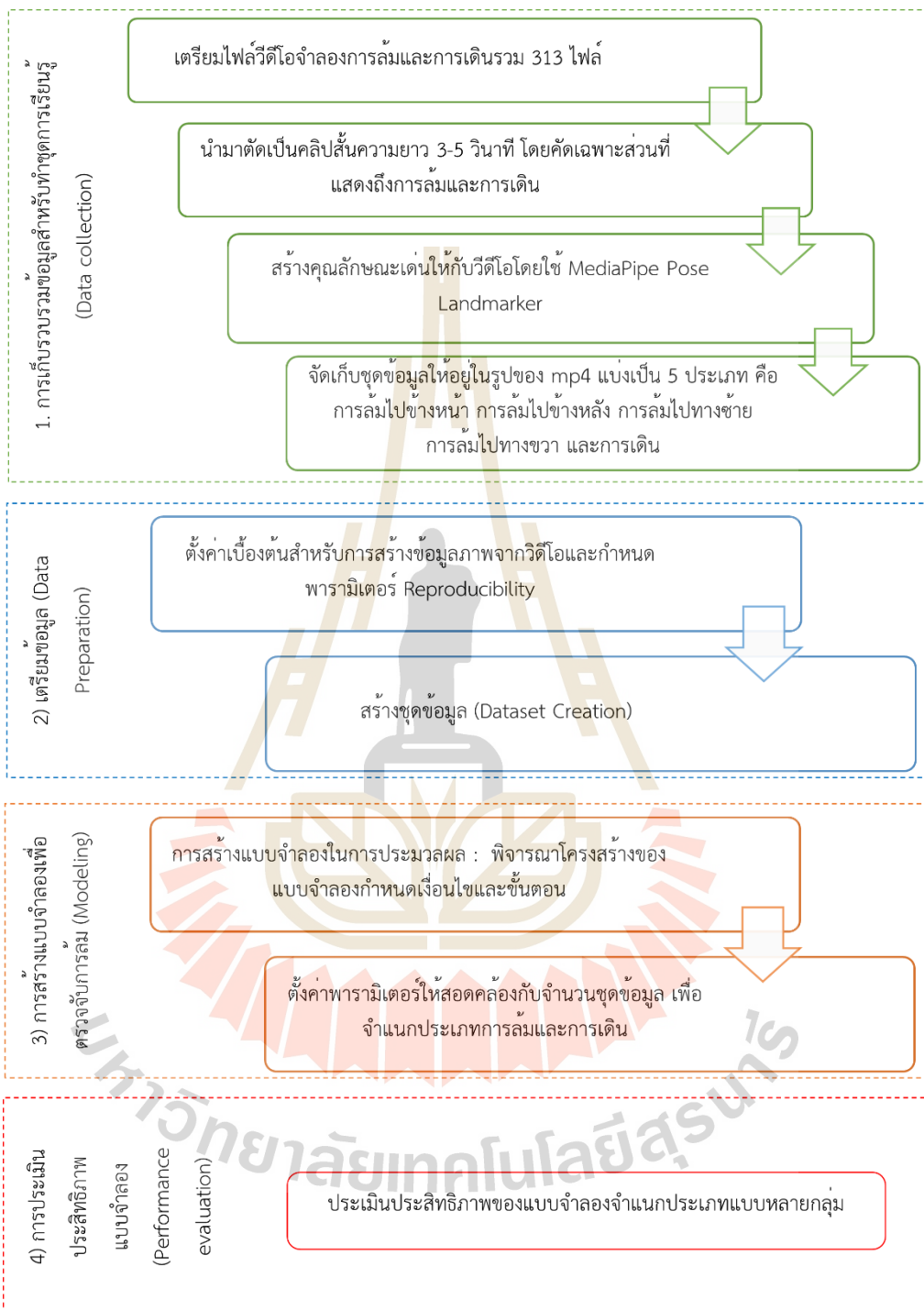
3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับทำชุดการเรียนรู้ (Data collection)

3.3.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับทำชุดการเรียนรู้ (Data preparation)

3.3.3 การสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจจับการล้ม (Modeling)

3.3.4 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

3.3.5 การทดสอบแบบจำลอง



รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนในการวิจัยสร้างแบบจำลองจำแนกแบบหลายกลุ่มโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

3.4 การรวบรวมข้อมูล (Data collection)

การเตรียมข้อมูลวิดีโอ นำไฟล์วิดีโอจำลองการล้มและการเดิน 313 ไฟล์ มาทำการตัดเป็นคลิปสั้นๆ ความยาวระหว่าง 3-7 วินาที แบ่งเป็นวิดีโอจำลองการล้ม 4 แบบ และวิดีโอแสดงการเดิน จากนั้นจัดกลุ่มไฟล์โดยการตั้งชื่อให้เป็นประเภท และโพลเดอร์เดียวกัน จากนั้นนำข้อมูลมาแบ่งเป็น 2 ชุด คือชุดข้อมูลวิดีโอปกติและชุดข้อมูลที่เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ชุดข้อมูล 2 ชุดประกอบด้วย วิดีโอแสดงการล้ม 180 ไฟล์ แบ่งเป็นการล้มไปข้างหน้า 62 ไฟล์ การล้มข้างหลัง 32 ไฟล์ การล้มไปทางซ้าย 35 การล้มไปทางขวา 51 ไฟล์ และวิดีโอแสดงการเดิน 60 ไฟล์ รวมข้อมูลให้อยู่ในไฟล์ .rar นำเข้า google drive เพื่อเตรียมสร้างแบบจำลองในขั้นต่อไป

3.5 การสร้างแบบจำลอง (Modeling)

การสร้างแบบจำลองในการตรวจจับการล้ม โดยใช้โปรแกรม Google Colab ขั้นตอนที่ 1 และวิธีการสร้างแบบจำลองมีดังนี้

3.5.1 เตรียมสิ่งแวดล้อม (Environment Setup)

3.5.1.1 นำเข้าไลบรารีที่จำเป็น เช่น TensorFlow, keras, NumPy, cv2, matplotlib, sklearn เป็นต้น

3.5.1.2 Mount Google Drive เพื่อเข้าถึงไฟล์ Dataset

3.5.1.3 แยกไฟล์ .rar เพื่อเตรียมข้อมูลมาใช้ในการเทรนแบบจำลอง

3.5.2 เตรียมข้อมูล (Data Preparation)

3.5.2.1 ตั้งค่าเบี่ยงต้น: กำหนด seed เพื่อให้การทำซ้ำได้ผลเหมือนกัน

3.5.2.2 ตรวจสอบข้อมูล โดยการสุ่มเลือกวิดีโอจากแต่ละคลาส และแสดง frame ตัวอย่าง

3.5.2.3 กำหนดพารามิเตอร์

- 1) กำหนดขนาดภาพเป็น 64x64
- 2) กำหนดจำนวนสูงสุดของรูปต่อคลาสเป็น 8000
- 3) กำหนดรายชื่อคลาส ดังนี้ Falling Backward, Falling Forward, Falling left Falling right และ Walking

3.5.3 สร้างชุดข้อมูล (Dataset Creation)

ทำการอ่านข้อมูลวิดีโอทีละเฟรมและปรับขนาดเป็น 64x64 และทำการ Normalize pixel ให้อยู่ระหว่าง 0-1 จากนั้นสร้างป้ายกำกับ (Label) และสุ่มเฟรมมาเก็บสูงสุด 8000 ภาพต่อคลาส สุดท้ายแปลง labels เป็น one-hot encoding

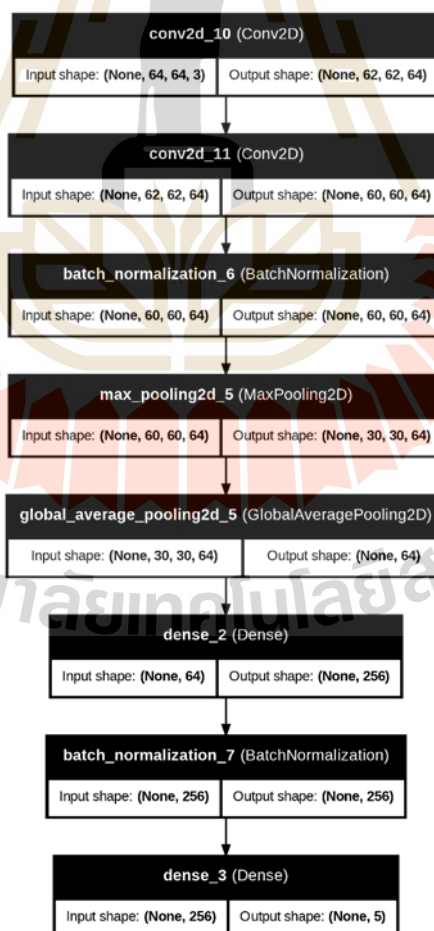
3.5.4 แบ่งชุดข้อมูล (Splitting Dataset)

ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น ชุดฝึก (Train) และ ชุดทดสอบ (Test) โดยกำหนดให้ 20 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมดเป็นชุดทดสอบ

3.5.5 สร้างแบบจำลอง (Model Creation)

3.5.5.1 แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ แผนผังโครงสร้างเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ แสดงในภาพที่ 3.2 แบบจำลองนี้ได้การใช้งาน Batch Normalization และ Global Average Pooling มีรายละเอียดโครงสร้างดังนี้

1) ชั้น Convolution



รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์

ชั้นที่ 1 (conv2d_10)

- 1) รับภาพขนาด 64x64x3
- 2) ใช้ตัวกรองขนาด (3x3) จำนวน 64 filters
- 3) ได้ผลลัพธ์ภาพขนาด 62x62x64

ชั้นที่ 2 (conv2d_11)

- 1) รับภาพจากชั้นแรก ขนาด 62x62x64
- 2) ใช้ตัวกรองขนาด (3x3) จำนวน 64 ตัวกรอง
- 3) ได้ผลลัพธ์ภาพขนาด 60x60x64

2) Batch Normalization

มีการใช้ Batch Normalization เพื่อช่วยให้การฝึกโมเดลเร็วขึ้น ลดปัญหา Vanishing Gradient ได้ผลลัพธ์ภาพขนาดยังคงเดิม 60x60x64

3) ชั้น MaxPooling

ชั้นนี้จะทำการลดขนาด feature maps ลงครึ่งหนึ่ง จาก 60x60 เป็น 30x30 ได้ผลลัพธ์ของภาพ ขนาด 30x30x64

4) Global Average Pooling

สำหรับฟังก์ชันนี้จะลดขนาดจาก Feature maps เหลือแค่เวกเตอร์ โดยการหาค่าเฉลี่ยแต่ละ feature map ซึ่งช่วยลดความซับซ้อน และลดการ Overfitting ของแบบจำลอง

5) ชั้น Fully Connected Layers

ชั้นนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ Dense ชั้นที่ 1 (dense_2) เพื่อเพิ่มความสามารถในการจำแนกโดยใช้ nodes จำนวน 256 nodes ส่วนที่ 2 คือการทำ Batch Normalization อีกครั้ง เพื่อช่วยให้ชั้น Dense ฝึกได้เสถียรขึ้น และส่วนสุดท้าย คือ Output Layer (dense_3) มี 5 nodes ตามจำนวนคลาส และใช้ SoftMax activation

3.5.5.2 แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG แบบจำลองรูปที่ 3.3 คือแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG16 ดัดแปลง ซึ่งปรับปรุงเพื่อลดความซับซ้อนและเหมาะกับข้อมูลที่เล็กกว่าเดิม เพิ่มประสิทธิภาพด้วย Global Average Pooling และ Batch Normalization มีรายละเอียดโครงสร้าง ดังนี้

1) Input Layer

รับภาพขนาด (64, 64, 3) ซึ่งหมายถึง รูปขนาด 64x64 พิกเซล และมี 3 channels (RGB)

2) Convolutional Blocks

โครงสร้างประกอบด้วย 5 บล็อกใหญ่ แต่ละบล็อกมี Convolution layer หลายชั้น ตามด้วย MaxPooling layer รายละเอียดแต่ละบล็อกแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนชั้น Convolutional Blocks, ขนาดตัวกรองและขนาดภาพผลลัพธ์

Block	Convolutional Layers	Filter Size	Output Size
1	2 layers	64 filters (3x3)	(32x32x64)
2	2 layers	128 filters (3x3)	(16x16x128)
3	3 layers	256 filters (3x3)	(8x8x256)
4	3 layers	512 filters (3x3)	(4x4x512)
5	3 layers	512 filters (3x3)	(2x2x512)

3) GlobalAveragePooling2D

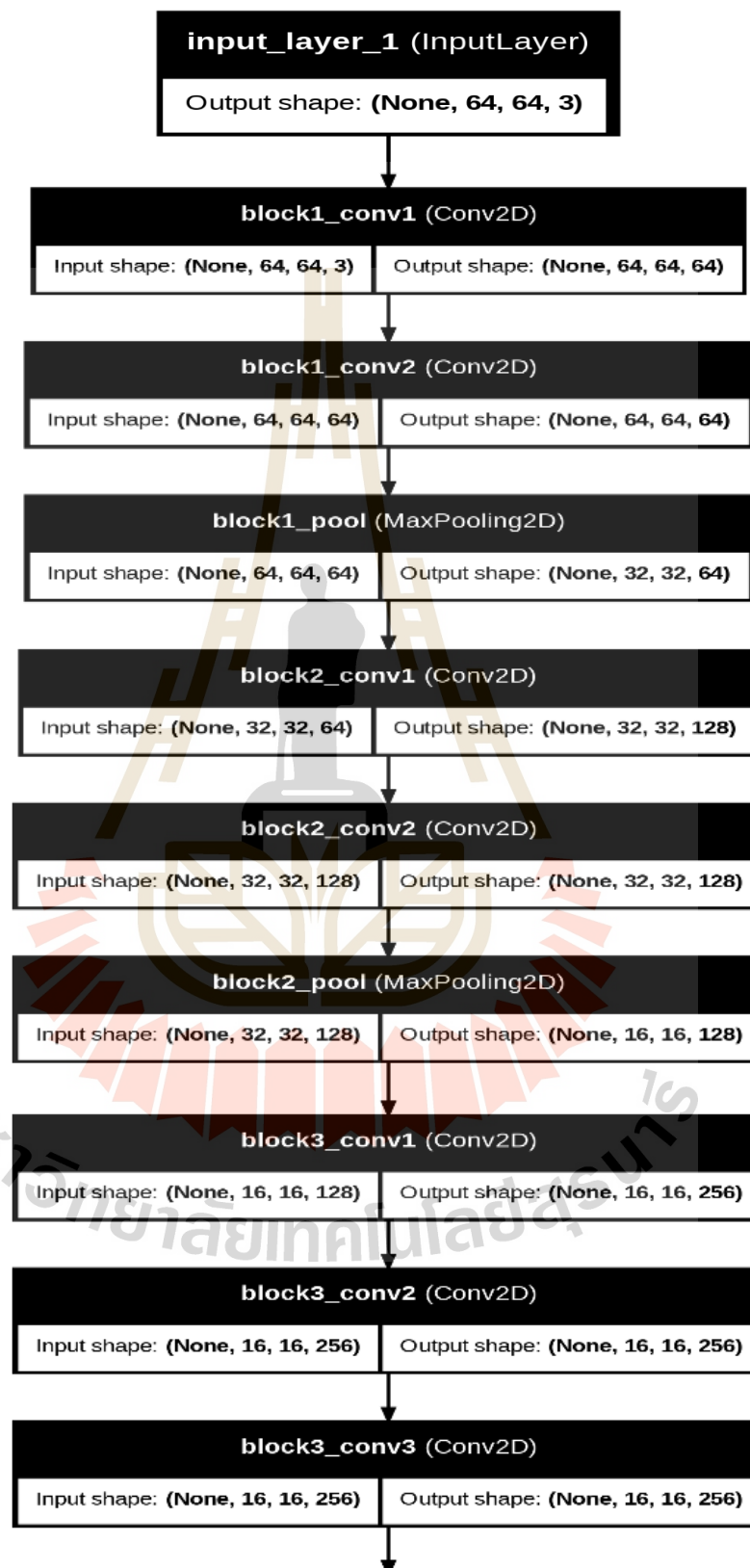
ใช้ Global Average Pooling ลดขนาด feature map จาก (2, 2, 512) เป็น vector ขนาด 512

4) Fully Connected Layers (Dense Layers)

สำหรับ Dense layer แรก มี 4096 units ส่วน Dense layer ที่สอง มี 4096 units และ ใช้ Batch Normalization เพิ่มความเสถียรของโมเดล

5) Output Layer

Output Layer มี 5 unit ตามจำนวนคลาส และใช้ SoftMax activation

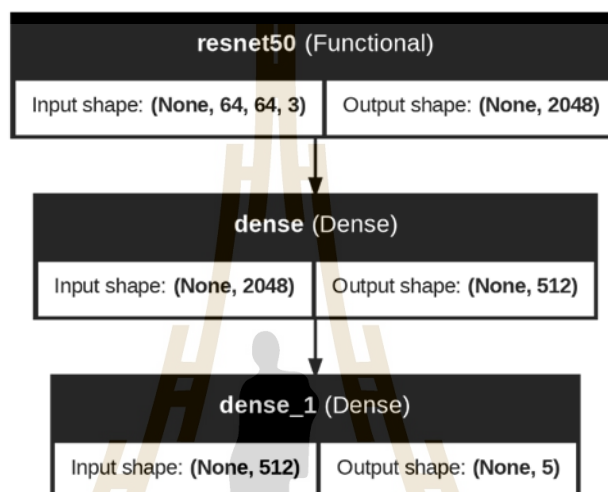


รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG



รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG (ต่อ)

3.5.5.3 แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ResNet5 แบบจำลองนี้มีการทำ Transfer Learning โดยใช้ ResNet50 ซึ่งถูกเทรนล่วงหน้าจากชุดข้อมูลใหญ่ (เช่น ImageNet) เพื่อดึงคุณลักษณะพื้นฐานของภาพ ก่อนที่จะนำเวกเตอร์คุณลักษณะไปประมวลผลต่อด้วย Dense Layers ที่กำหนดขึ้นใหม่ เพื่อปรับแต่งการจำแนกประเภทให้ตรงกับชุดข้อมูลที่สนใจซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 5 ประเภท



รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ResNet50

โครงสร้างแบบจำลองแสดงในภาพที่ 3.4 คือแบบจำลอง Deep Learning แบบ Transfer Learning โดยใช้แบบจำลองพื้นฐานคือ ResNet50 และต่อดัวย Dense Layers ซึ่งเหมาะสำหรับปัญหาการจำแนกประเภท (Classification) รายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

1) ResNet50 (Functional) ประกอบด้วย Input shape โมเดลรับอินพุตเป็นภาพขนาด 64×64 พิกเซล มี 3 channel สี (RGB) และ None หมายถึงจำนวนตัวอย่างข้อมูลที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตาม Batch Size ที่ใช้ในการเทรน และ Output shape หลังจากผ่านชั้น Convolutional และ Pooling ต่างๆของ ResNet50 แล้วแบบจำลองจะให้เวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature Vector) ขนาด 2048 มิติ สำหรับแต่ละภาพอินพุต การตั้งค่าเป็น Global Average Pooling เพื่อสรุปคุณลักษณะสำคัญในแต่ละ channel เป็น 1 ค่า (เวกเตอร์ยาว 2048)

2) Dense Layer แรก ประกอบด้วย Input shape เป็นข้อมูลที่ส่งมาจากโมเดล ResNet50 มีความยาว 2048 มิติ และ Output shape เป็นชั้น Fully Connected (Dense) ชั้นแรก มีหน่วยประมวลผล (Neuron) จำนวน 512 ตัว ชั้นนี้จะเรียนรู้การแปลงเวกเตอร์ขนาดใหญ่ (2048) ให้มีขนาดลดลง (512) เพื่อคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญในการจำแนกประเภทมากขึ้น โดยใช้ Activation Function เช่น ReLU ในการสร้างความไม่เป็นเชิงเส้น (non-linearity)

3) ส่วนที่สาม Dense Layer ที่สอง (Output Layer) ประกอบด้วย Input shape รับข้อมูลจากชั้น Dense ก่อนหน้าซึ่งมีขนาด 512 มิติ และ Output shape ชั้นนี้มี Neuron จำนวน 5 ตัว แสดงถึงจำนวนของคลาสในการจำแนกประเภท โดยปกติจะใช้ SoftMax เป็น Activation Function เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นความน่าจะเป็นของแต่ละคลาส โดยผลรวมจะเป็น 1 ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายจะบ่งบอกว่าข้อมูลที่ป้อนเข้าไปนั้นจัดอยู่ในคลาสใด จากคลาสที่กำหนดจำนวน 5 คลาส

3.6 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง (Performance evaluation)

ค่าการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจำแนกประเภทการล้ม แบ่งออกเป็นดังนี้

3.6.1 ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เป็นการวัดว่าแบบจำลองสามารถจำแนกประเภทการล้มทั้งหมดได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยคำนวณจากข้อมูลทดสอบ (Test set) และรายงานผลลัพธ์เป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลอง

3.6.2 ค่าความแม่นยำ (Precision) แสดงถึงความแม่นยำของการทำนายในแต่ละประเภทการล้ม เช่น ทำนายว่ามีกรล้มด้านข้างแล้ว ผลลัพธ์เป็นการล้มด้านข้างจริง ไม่ใช่การล้มประเภทอื่นๆ

3.6.3 ค่าเรียกคืน (Recall) วัดความสามารถของแบบจำลองในการค้นหาการล้มแต่ละประเภททั้งหมด เช่น แบบจำลองสามารถตรวจจับการล้มด้านหน้า ด้านหลัง หรือการสะดุดล้มได้ครบถ้วน เพื่อตรวจสอบว่าทุกเหตุการณ์ในการล้มถูกตรวจจับได้

3.6.4 ค่า F1-score เป็นค่าเฉลี่ยเชิงสมดุระหว่าง Precision และ Recall ที่ช่วยให้เห็นภาพรวมของความสามารถของแบบจำลองในการจำแนกข้อมูล โดยเฉพาะในกรณีที่มีข้อมูลที่มีความไม่สมดุลระหว่างคลาส ซึ่งค่า F1-score ที่สูงบ่งชี้ว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้อย่างแม่นยำและครอบคลุมทั้งในด้านการระบุคลาสที่ถูกต้องและไม่พลาดคลาสสำคัญ

3.6.5 Confusion Matrix นำเสนอในรูปแบบ Heatmap เพื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาดระหว่างประเภทการล้มที่แบบจำลองสับสน เช่น การแยกแยะผิดระหว่าง "การล้มด้านหลัง" กับ "การล้มด้านข้าง"

3.6.6 ROC Curve และ AUC ใช้วิเคราะห์ความสามารถในการจำแนกในแต่ละคลาส วัดค่า AUC เพื่อดูว่าความสามารถแยกแยะดีแค่ไหนในแต่ละประเภท

3.6.7 Learning Curves (Accuracy & Loss) แสดงกราฟการเรียนรู้ระหว่าง Epoch เพื่อประเมินว่าแบบจำลองเกิด Overfitting หรือ Underfitting หรือไม่

การวิเคราะห์ทั้งหมดนี้ช่วยให้สามารถประเมินและพัฒนาแบบจำลองสำหรับการจำแนกประเภทการล้มได้อย่างแม่นยำ มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้จริงในการติดตามความปลอดภัยของผู้ใช้งานได้ในอนาคต



บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทนี้จะนำเสนอผลการทดลอง การวิเคราะห์และการอภิปรายผลแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องด้วยโปรแกรมภาษาไพธอน Google Colab โดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ซึ่งได้ทำการทดลองเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียม 3 แบบคือ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์, วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50 ด้วยชุดข้อมูลวีดีโอ 2 ชุด ได้แก่ชุดข้อมูลการเรียนรู้วีดีโอปกติ และ ชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ได้แบบจำลอง มาทั้งหมด 6 แบบจำลอง กำหนดชื่อแบบจำลองดังนี้

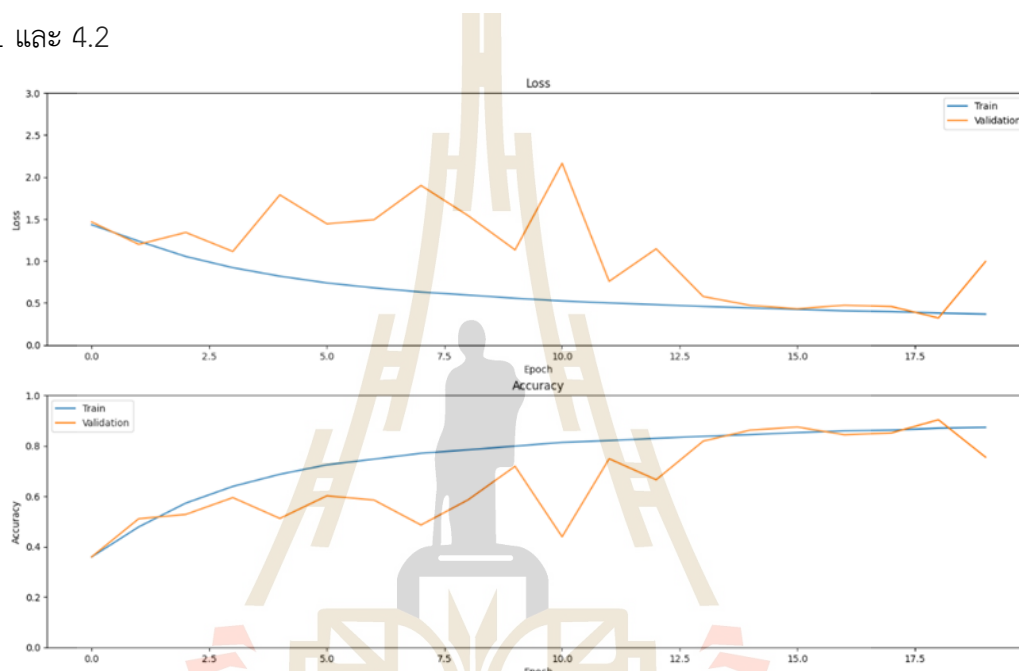
1. แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ รุ่นที่1 (2-layer Ver.1)
2. แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ รุ่นที่2 (2-layer Ver.2)
3. แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG รุ่นที่1 (VGG Ver.1)
4. แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG รุ่นที่2 (VGG Ver.2)
5. แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet50 รุ่นที่1 (Resnet50 Ver.1)
6. แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet50 รุ่นที่2 (Resnet50 Ver.2)

จากนั้นนำผลที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองจำแนกประเภทการล้ม 4 ประเภท และการเดิน โดยใช้ค่าความถูกต้อง (Accuracy), ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าเรียกคืน (Recall), ค่าเฉลี่ยของความแม่นยำและค่าเรียกคืน (F1-score) รวมถึงกราฟ ROC และค่า AUC

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์

4.1.1 Training Validation Loss และ Training Validation Accuracy ของ 2 เลเยอร์

จากการเทรนนิ่งข้อมูล 2 ชุดข้อมูล โดยมีชุดข้อมูลวีดีโอปกติและชุดข้อมูลที่เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ผลการทดสอบค่าความถูกต้อง (Accuracy) แสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) 2-layer Ver.1

จากรูปที่ 4.1 แกน x แสดงการเรียนรู้ 1 รอบของข้อมูล (Epoch) และแกน y แสดงค่าความผิดพลาดของแบบจำลอง (Loss) กราฟสีน้ำเงิน คือค่า Train loss ลักษณะลดลงอย่างสม่ำเสมอ แสดงว่าแบบจำลอง เรียนรู้ข้อมูล train ได้ดีขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่กราฟสีส้ม คือค่า Validation loss ในช่วงแรก กราฟมีการแกว่งขึ้นๆลงๆมีความผันผวนสูง ไม่ลดลงตาม ค่า Train loss ลักษณะแบบนี้บ่งชี้ว่าข้อมูล Validation มีสัญญาณรบกวน (Noise) และแบบจำลองมีบางจุดเกิด Overfitting ส่วนกราฟล่างแสดงข้อมูลความถูกต้องระหว่าง train และ Validation สำหรับ Train accuracy กราฟเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนเกือบถึง 90% สรุปได้ว่าแบบจำลองเรียนรู้ได้ดี ส่วน Validation accuracy มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรก แต่ในช่วงกลางยังมีความผันผวนสูง แต่ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยรวมการที่ Validation Accuracy มีความผันผวน และมีค่าต่ำกว่า Train Accuracy อย่างมีนัยยะ สรุปได้ว่าแบบจำลองเกิด Overfitting ซึ่งหมายถึงการทำนายข้อมูลใหม่จะไม่ดี

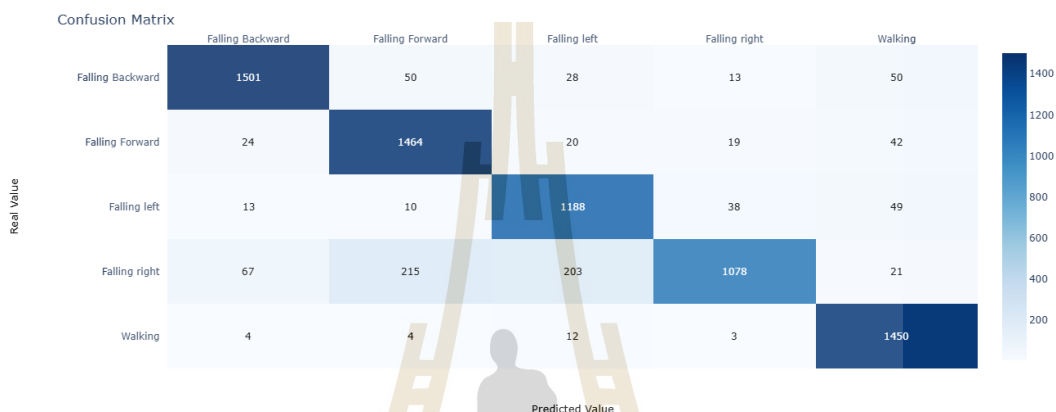


รูปที่ 4.2 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) 2-layer Ver.2

จากรูปที่ 4.2 Train loss ลักษณะลดลงอย่างสม่ำเสมอจากประมาณ 1.5 ไปถึง 0.3 แสดงว่าแบบจำลองกำลังเรียนรู้ข้อมูล Training set ได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง รูปทรงการลดมีลักษณะ Smooth ซึ่งบ่งบอกว่าการ Optimizer ทำงานดี ส่วน Validation Loss เริ่มต้นใกล้เคียงกับ Train Loss (ประมาณ 1.5) หลังจากนั้น เกิดการผันผวนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะช่วง Epoch 5–10 Validation Loss มีค่าสูงจนเกิน 2.0 แต่หลังจาก Epoch 12 ไป Validation Loss ลดลงชัดเจนและมีค่าน้อยกว่าช่วงแรก และในช่วง 14-18 Validation Loss กับ Train Loss เข้าใกล้กัน จะเห็นได้จากกราฟที่มีบางส่วนทับกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองสามารถทำนายข้อมูลที่ไม่เคย Train มาก่อนได้ถูกต้องมากขึ้น สำหรับค่าความแม่นยำ ในกราฟล่างนั้น Train Accuracy เพิ่มขึ้นต่อเนื่องจากประมาณ 38% ไปถึง 90% โดยสอดคล้องกับการลดลงของ Train Loss แสดงถึงความสามารถในการเรียนรู้และจดจำข้อมูล Training ได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับ Validation Accuracy ในช่วง Epoch 0–10 มีการแกว่งตัวค่อนข้างมาก เช่น ค่าความแม่นยำขึ้นไปถึงจาก 60% และลดลงมาเหลือ 45% แสดงถึงความไม่เสถียรของแบบจำลอง ในการทำนายข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน แต่ตั้งแต่ Epoch 13 เป็นต้นไป Validation Accuracy สูงขึ้นจนถึง 90% แสดงถึงความเสถียรที่มีมากขึ้น ช่วงปลายกราฟ Validation Accuracy มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างคงที่จนมีค่าใกล้เคียง Train Accuracy ซึ่งหมายถึงว่าแบบจำลองมีความเข้าใจรูปแบบของชุดข้อมูล

4.1.2 Confusion Matrix ของ 2 เลเยอร์

Confusion Matrix นี้แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองในการจำแนกคลาส 5 ประเภท ดังนี้ Falling Backward, Falling Forward, Falling Left, Falling Right และ Walking โดยแกนแนวนอน คือค่าความจริง (Real/True Labels) แกน แนวอน คือค่าที่แบบจำลองทำนาย (Predicted Labels)



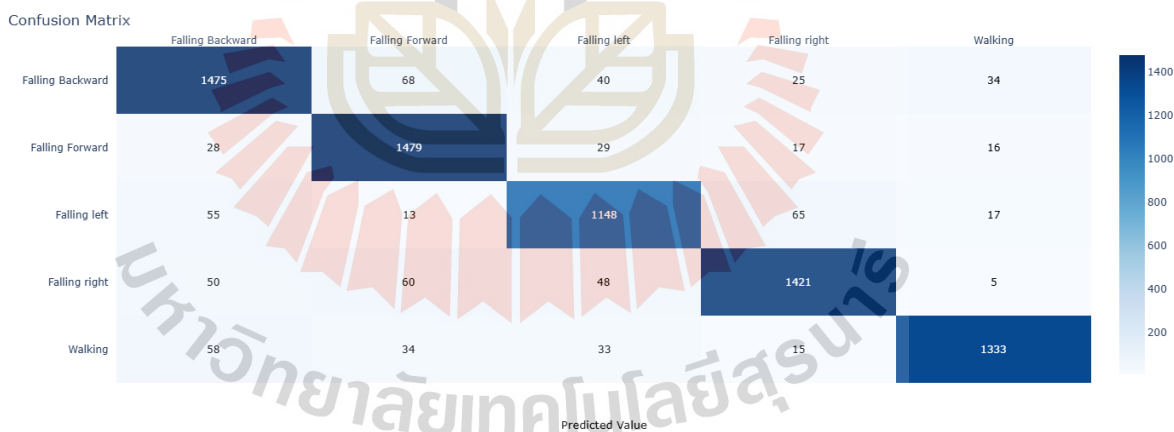
รูปที่ 4.3 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ 2-layer Ver.1

จากรูปที่ 4.3 แบบจำลอง 2 เลเยอร์ ทำนายคลาส Falling Backward, Falling Forward และ Walking ได้อย่างแม่นยำ มีการทำนายผิดเป็นคลาสอื่นๆ น้อยกว่าคลาส Falling Left และ Falling Right โดยคลาส Falling Left มีการทำนายผิดเป็นคลาส Falling Right และ Walking ส่วน Falling Right มีการทำนายผิดเป็น Falling Forward และ Falling Left ค่อนข้างมาก เมื่อนำ Confusion Matrix ที่ได้มาหาค่าความแม่นยำ(Precision) ค่าเรียกคืน (Recall) และ F1-score จะได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ 2-layer Ver.1

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Falling Backward	0.9329	0.9141	0.9234	1642
Falling Forward	0.8399	0.9331	0.8841	1569
Falling Left	0.8187	0.9153	0.8643	1298
Falling Right	0.9366	0.6806	0.7883	1584
Walking	0.8995	0.9844	0.9400	1473
Accuracy			0.8830	7566
Macro Avg	0.8855	0.8855	0.8800	7566
Weighted Avg	0.8883	0.8830	0.8801	7566

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนี้ มีการทำนายถูกต้อง 88.3 %ของข้อมูลทั้งหมด โดยคลาส Walking มีค่าเรียกคืนสูงถึง 98.44 % ซึ่งหมายความว่า มีการทำนายคลาส Walking ได้เกือบทั้งหมด แต่ค่าความแม่นยำมีค่าเพียง 89.95 % ค่าความแม่นยำที่ต่ำเนื่องจากแบบจำลองมีการทำนายผิดจากการล้มประเภทต่างๆ เป็นการเดิน อาจต้องนำมาคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยต่อการนำไปใช้งาน ส่วนคลาส Falling Right แม้จะมีค่าความแม่นยำ สูงถึง 93.66 % แต่กับมีค่าเรียกคืนต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับคลาสทั้งหมดบ่งบอกว่าแบบจำลองนี้มีการทำนายคลาส Falling Right ผิดพลาดสูง ในส่วนของการทำนายคลาส Falling Forward และ Falling Left มีประสิทธิภาพในการทำนายอยู่ในระดับปานกลาง แต่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้งานได้ จากข้อมูลในตารางคลาส Falling Backward เป็นคลาสที่แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีที่สุดทั้งความแม่นยำและความครบถ้วนแบบจำลองจากชุดข้อมูลวิดีโอปกติ แม้จะมีค่าความแม่นยำและค่าเรียกคืนที่สูงกว่า 90 % แต่แบบจำลองยังไม่มีควมสมดุล เนื่องจากบางคลาสยังมีการทำนายได้ไม่ครบถ้วนเมื่อเทรนแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลวิดีโอปกติพบว่าคลาส Falling Right มีค่าเรียกคืนต่ำที่สุดซึ่งอาจเกิดจากการที่แบบจำลองสับสนกับคลาส Falling Left จึงได้เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ในชุดข้อมูล ผลการเทรนแบบจำลองแสดงในรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.4 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ 2-layer Ver.2

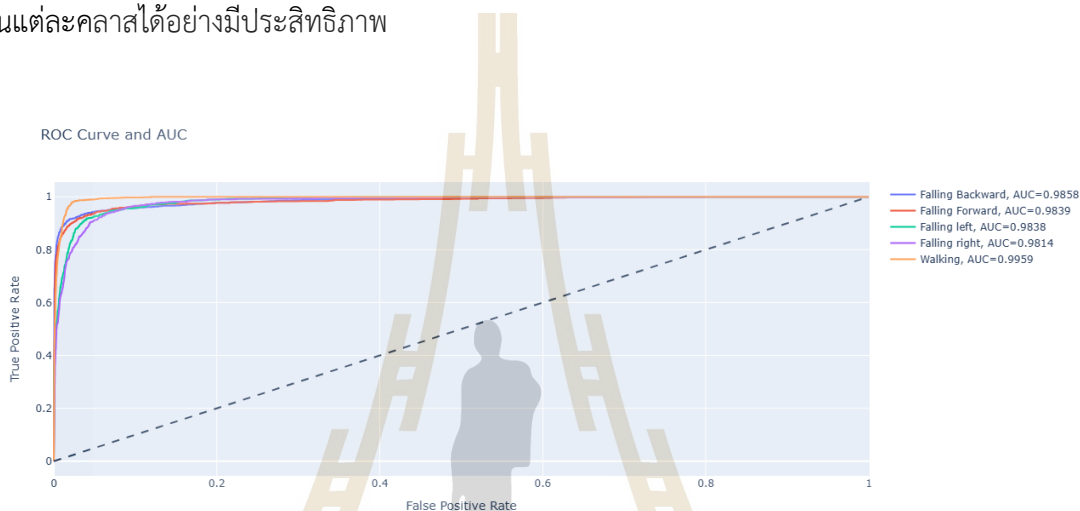
ตารางที่ 4.2 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ 2-layer Ver.2

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Falling Backward	0.8854	0.8983	0.8918	1642
Falling Forward	0.8942	0.9426	0.9178	1569
Falling Left	0.8844	0.8844	0.8844	1298
Falling Right	0.9209	0.8971	0.9089	1584
Walking	0.9488	0.9050	0.9263	1473
Accuracy			0.9062	7566
Macro Avg	0.9067	0.9055	0.9058	7566
Weighted Avg	0.9068	0.9062	0.9062	7566

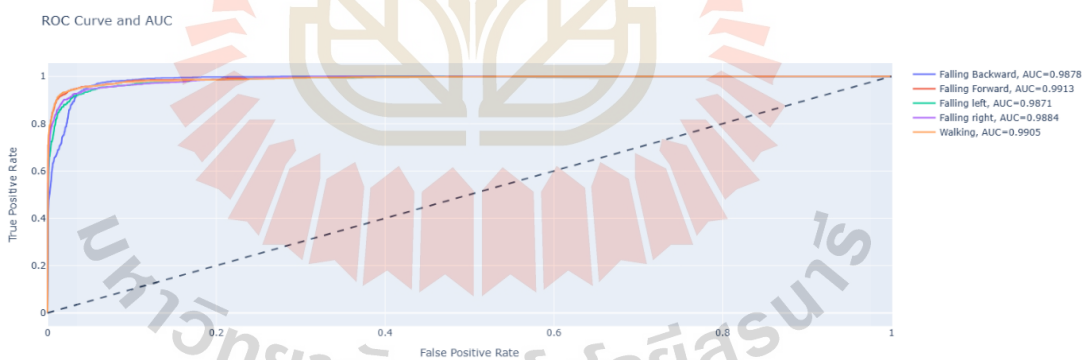
จากตารางที่ 4.2 แบบจำลองมีความถูกต้อง 90.62 % ซึ่งสูงกว่าการเทรนชุดข้อมูลวีดีโอปกติ 2 % ในแบบจำลองนี้ คลาส Falling Backward มีความแม่นยำ 88.54 % และมีค่าเรียกคืน 89.83 % และ F1-Score มี 89.18% ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูง ในส่วนของ Falling Forward และคลาส Falling Left ที่แบบจำลองมีการทำนายได้อย่างแม่นยำมากขึ้น โดยคลาส Falling Forward มีความแม่นยำใกล้เคียงกับ Falling Backward ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ส่วนคลาส Falling Left แม้จะมีความแม่นยำสูงชันและมีความสมดุล สืบเนื่องจากค่าความแม่นยำ,ค่าเรียกคืนและ F1-Score ที่มีค่าเท่ากัน แต่ประสิทธิภาพการทำนายยังไม่สูงเท่าคลาสอื่น คลาส Falling Right มีความแม่นยำลดลงเมื่อเทียบกับแบบจำลองข้อมูลวีดีโอปกติ แต่ค่าเรียกคืนสูงชันอย่างเห็นได้ชัด หมายความว่าแบบจำลองสามารถแยก คลาส Falling Right ได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น ส่วนการแยกประเภทคลาส Walking แม้ค่าเรียกคืนจะลดลงจากแบบจำลองข้อมูลวีดีโอปกติ แต่ความแม่นยำมีค่าสูงชันอย่างเห็นได้ชัด แบบจำลอง 2 เลเยอร์จากข้อมูลวีดีโอชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe มีความสมดุลดี

4.1.3 กราฟ ROC และค่า AUC ของ 2 เลเยอร์

กราฟ ROC และค่า AUC ของแบบจำลอง 2 เลเยอร์จากข้อมูลทั้ง 2 ชุด แสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ในรูปที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นว่ากราฟของแบบจำลองทั้ง 2 ชุดข้อมูลอยู่เหนือเส้นประทั้งหมด และมีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงว่าแบบจำลองทั้ง 2 ชุดข้อมูลมีความสามารถในการแยกประเภทในแต่ละคลาสได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ 2-layer Ver.1



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ 2-layer Ver.2

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบของค่า AUC จากแบบจำลองทั้ง 2 ชุดข้อมูล (2-layer)

Class	AUC ของ 2-layer Ver.1	AUC ของ 2-layer Ver.2	การเปรียบเทียบ
Falling Backward	0.9858	0.9878	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
Falling Forward	0.9839	0.9913	เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน
Falling Left	0.9838	0.9871	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
Falling Right	0.9814	0.9884	เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน
Walking	0.9959	0.9905	ลดลงเล็กน้อย

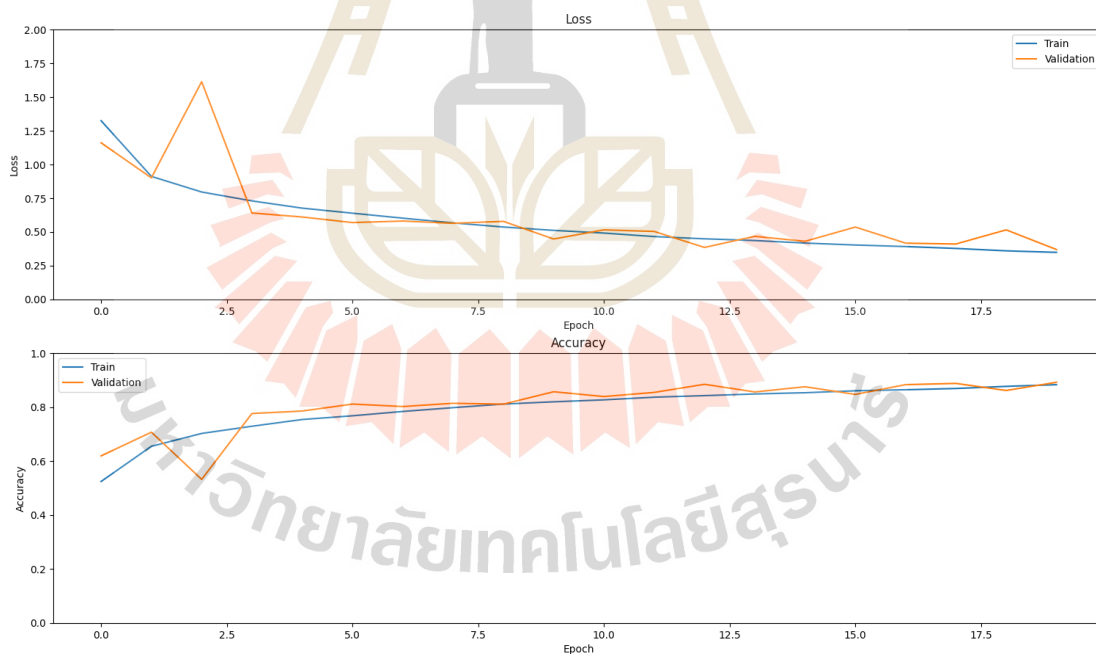
จากการเปรียบเทียบค่า AUC ของ Falling Forward, Falling Right และ Falling Left ของชุดข้อมูล MediaPipe มีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าแบบจำลองมีการจำแนกคลาสเหล่านี้ได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับแบบจำลองชุดข้อมูลของวีดีโอปกติ แม้ว่าค่า AUC ของ Walking จะลดลง แต่ก็ยังมีค่าอยู่ในระดับที่สูงมาก และค่า AUC ทุกคลาสมีค่าสูงกว่า 0.98 บ่งบอกว่าแบบจำลองสามารถจำแนกได้ดีในทุกคลาส จากผลการทดลองแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe มีพัฒนาการที่ดีขึ้นในคลาส Falling ต่างๆ (Backward, Forward, Left, Right) ถึงแม้ว่าคลาส Walking มี AUC ลดลงเล็กน้อย แต่โดยรวมแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe มีศักยภาพสูงกว่าเล็กน้อยในภาพรวมของการแยกหลายคลาส สรุปทั้งสองแบบจำลองมีความสามารถในการจำแนกพฤติกรรมการล้มและการเดินในระดับสูง โดยแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe เหมาะกับการแยกคลาสล้มในภาพรวม ขณะที่แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ ของชุดข้อมูลวีดีโอปกติ โดดเด่นในด้านการจำแนก Walking

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG

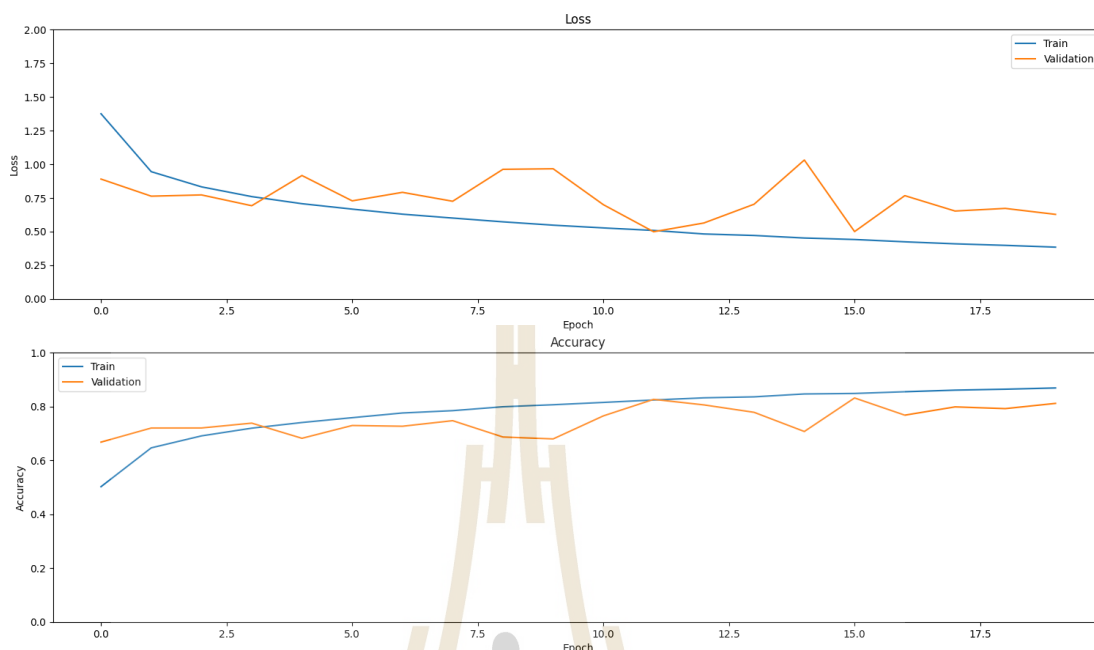
โมเดล CNN แบบ VGG16 ได้ปรับปรุงเพื่อลดความซับซ้อนและเหมาะกับข้อมูลที่เล็กกว่าเดิมเพิ่มประสิทธิภาพด้วย Global Average Pooling เพื่อลดความซับซ้อนของโมเดลและ Batch Normalization ช่วยเพิ่มความเร็วและเสถียรภาพในการเทรน

4.2.1 Training Validation Loss และ Training Validation Accuracy ของ VGG

ค่า loss และ Accuracy สำหรับการเทรนแบบฝึกจำลองด้วยชุดข้อมูลวีดีโอปกติ แสดงดังรูปที่ 4.7 จากกราฟบน Loss (Train vs Validation) ในช่วงแรก (Epoch 0-5) ค่า Loss ของ Validation มีความผันผวนสูงมาก โดยเฉพาะในช่วงต้น (epoch 2) ที่พุ่งขึ้นไปสูง ประมาณ 1.6 ก่อนที่จะปรับตัวลดลงอย่างรวดเร็วใน หลังจาก Epoch ที่ 5 เป็นต้นไป Validation Loss (เส้นสีส้ม) และ Train Loss (เส้นสีน้ำเงิน) ปรับลดลงอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างเสถียรจนแทบไม่มีความแตกต่างกันมาก ซึ่งบ่งบอกว่าแบบจำลองเริ่มมีการ ทำนายผลลัพธ์ที่แม่นยำได้ทั้งบนข้อมูลที่ใช้ฝึก และบน ข้อมูลใหม่ ๆ ที่ไม่เคยผ่านการฝึกมาก่อน ได้ดีขึ้น และเกิดปัญหา Overfitting น้อยลงอย่างชัดเจน ส่วนกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ช่วงแรก (Epoch 0-5) ความแม่นยำมีการผันผวน ใน Validation Accuracy ที่ชัดเจน โดยเฉพาะ epoch ที่ 2 มีการลดลงอย่างมาก ซึ่งสัมพันธ์กับ Loss ที่เพิ่มขึ้น แต่หลังจาก epoch ที่ 5 เป็นต้นไป ความแม่นยำของ Train และ Validation มีการ ปรับตัวสูงขึ้น จนกราฟทั้งสองเส้นเข้าใกล้กัน และมี Accuracy สูงประมาณ 90% ขึ้นไป แสดงถึง ความเสถียรของแบบจำลอง



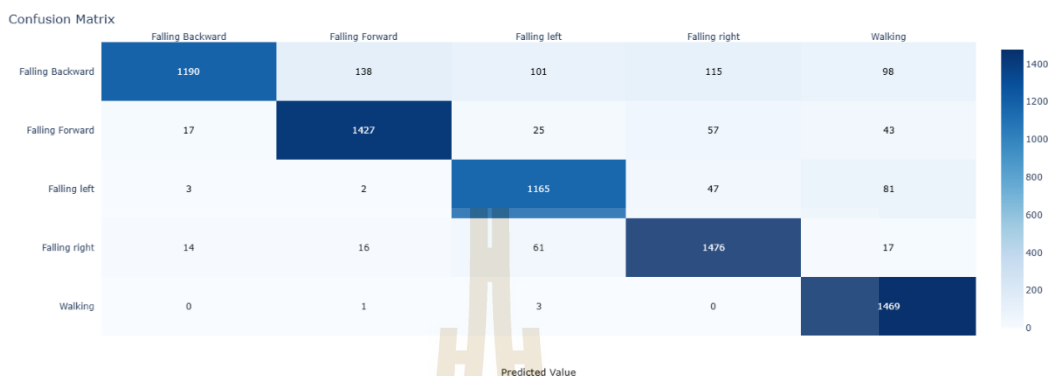
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ของ VGG Ver.1



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ของ VGG Ver.2

จากรูปที่ 4.8 กราฟบน Loss (Train vs Validation) ในช่วงเริ่มต้น (Epoch 0-5) Loss ของทั้ง Training และ Validation ลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นว่าโมเดลเรียนรู้ได้เร็วแต่ Validation Loss ยังมีความผันผวนเล็กน้อย ช่วง Epoch 5-20 Training Loss ยังคงลดลงอย่างช้าๆ แต่คงที่มากขึ้นและสม่ำเสมอ ไม่มีเพิ่มขึ้นขึ้นอย่างผิดปกติ แสดงว่าการเรียนรู้ค่อนข้างเสถียรและดี ในขณะที่ Validation Loss ยังคงผันผวนตลอดช่วง มีลักษณะขึ้น-ลงสลับกันไปมา แสดงถึงการเรียนรู้ที่ยังไม่คงที่ หรือแบบจำลองอาจเรียนรู้ คุณลักษณะเฉพาะของชุดข้อมูลฝึกบางส่วนมากเกินไป ส่งผลให้ทำนายข้อมูลใหม่ (Validation) ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ส่วนกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ช่วง Epoch 0-5 Accuracy ของทั้ง Training และ Validation มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงต้น Validation Accuracy มีการผันผวนบ้างเล็กน้อย แต่ไม่รุนแรง ส่วนช่วง Epoch 5-20 Training Accuracy ค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเสถียรมากขึ้นเรื่อยๆ เข้าใกล้ค่า 90% โดย Validation Accuracy ยังคงผันผวนขึ้น-ลงเป็นระยะๆ มีลักษณะเช่นเดียวกับ Validation Loss ซึ่งสะท้อนถึงปัญหาในการการเรียนรู้ของแบบจำลองในบาง epoch แม้ Validation Accuracy จะมีความผันผวน แต่ Accuracy ในช่วงท้ายยังมีค่าสูงประมาณ 80%-90% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีแต่ต้องมีการปรับปรุงเพื่อลดความไม่เสถียร

4.2.2 Confusion Matrix ของเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG



รูปที่ 4.9 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ VGG Ver.1

ผลการทำนายของแบบจำลองที่ใช้เทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG มีรายละเอียดดังนี้

Falling Backward (ล้มไปด้านหลัง) ทำนายถูกต้อง 1190 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Forward จำนวน 138 ตัวอย่าง คลาส Falling Left 101 ตัวอย่าง คลาส Falling Right 115 ตัวอย่าง และคลาส Walking 98 ตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าการทำนายผิดพลาดกระจายไปยังทุกคลาส

Falling Forward (ล้มไปด้านหน้า) ทำนายถูกต้อง 1427 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Backward จำนวน 17 ตัวอย่าง คลาส Falling Left จำนวน 25 ตัวอย่าง คลาส Falling Right จำนวน 57 ตัวอย่าง และคลาส Walking จำนวน 43 ตัวอย่าง แบบจำลองนี้มีความแม่นยำในการจำแนกคลาสที่สูง มีแยกประเภทคลาตเคลื่อนกับคลาส Falling Right และ Walking แต่ถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนถูกต้อง

Falling Left (ล้มไปทางซ้าย) ทำนายถูกต้อง 1165 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Backward จำนวน 3 ตัวอย่าง คลาส Falling Forward จำนวน 2 ตัวอย่าง คลาส Falling Right จำนวน 47 ตัวอย่าง และคลาส Walking จำนวน 81 ตัวอย่าง สำหรับคลาสนี้แบบจำลองมีความแม่นยำดี มีข้อผิดพลาดน้อยในคลาสล้มไปด้านหลังและด้านหน้า แต่การแยกประเภทผิดเล็กน้อยกับคลาส Walking ซึ่งอาจสะท้อนถึงลักษณะการเคลื่อนไหวที่คล้ายกันในบางสถานการณ์

Falling Right (ล้มไปทางขวา) ทำนายถูกต้อง 1476 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Backward จำนวน 14 ตัวอย่าง คลาส Falling Forward จำนวน 16 ตัวอย่าง คลาส Falling

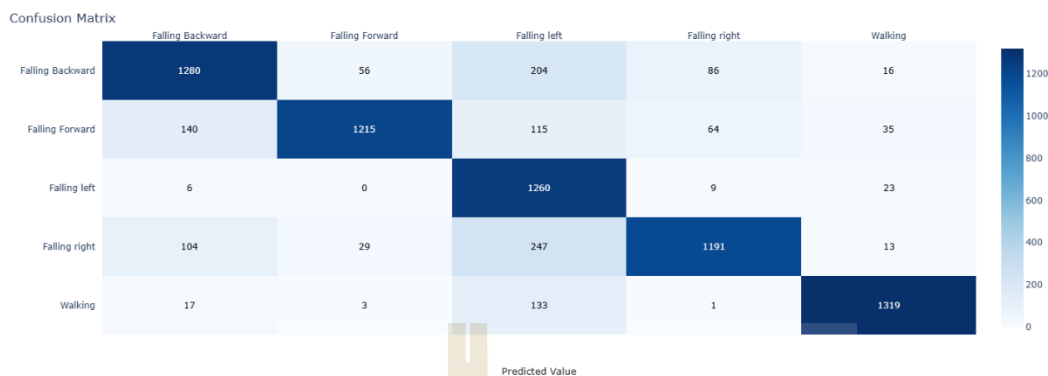
Left จำนวน 61 ตัวอย่าง และคลาส Walking จำนวน 17 ตัวอย่าง การแยกประเภทที่เห็นชัดคือการทำนายผิดไปเป็นคลาส Falling Left อาจมีสาเหตุมาจากการล้มซ้าย-ขวามีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

Walking (การเดิน) ทำนายถูกต้อง 1469 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Forward จำนวน 1 ตัวอย่างและคลาส Falling Left จำนวน 3 ตัวอย่าง คลาสนี้แบบจำลองมีความแม่นยำสูงมากที่สุดเมื่อเทียบกับคลาสอื่นๆ

ตารางที่ 4.4 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ VGG Ver.1

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Falling Backward	0.9722	0.7247	0.8304	1642
Falling Forward	0.9009	0.9095	0.9052	1569
Falling Left	0.8598	0.8975	0.8783	1298
Falling Right	0.8708	0.9318	0.9003	1584
Walking	0.8601	0.9973	0.9236	1473
Accuracy			0.8891	7566
Macro Avg	0.8928	0.8922	0.8875	7566
Weighted Avg	0.8951	0.8891	0.8869	7566

ประสิทธิภาพของแบบจำลองในการจำแนกแต่ละคลาสแสดงดังตารางที่ 4.4 แบบจำลองสามารถทำนายคลาส Falling Backward ได้แม่นยำที่สุด เนื่องจากค่า Precision สูงถึง 97.22 % แต่ถึงค่า Precision จะสูงแต่ค่า Recall มีค่าต่ำที่สุดจากคลาสทั้งหมด แสดงถึงการทำนายที่ยังครอบคลุมไม่หมด จึงต้องปรับปรุง recall ด้วยการเพิ่มข้อมูลให้หลากหลายเพื่อการทำนายที่ครอบคลุมขึ้น คลาส Falling Forward มีค่าเมตริกซ์ทั้ง 3 ค่าที่ใกล้เคียงกัน ถือว่าแบบจำลองทำนายข้อมูลคลาสนี้ได้ดีและสมดุล สำหรับคลาส Falling Left , Falling Right และ Walking ค่า Recall มีค่าสูงกว่า Precision ทั้ง 3 คลาส สะท้อนถึงการทำนายที่ครอบคลุม แต่มีข้อผิดพลาดที่ทำนายเป็นคลาสอื่น ๆ สรุปแบบจำลองนี้ต้องทำการปรับปรุงเพื่อเพิ่มค่า Recall ของคลาส Falling Backward และ Precision ของคลาส Falling Left , Falling Right และ Walking



รูปที่ 4.10 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ VGG Ver.2

สำหรับแบบจำลองที่ใช้เทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG กับชุดข้อมูลเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ผลการทำนายของแต่ละคลาสแสดงดังรูปที่ 4.10 ดังนี้

Falling Backward (ล้มไปด้านหลัง) ทำนายถูกต้อง 1280 ตัวอย่าง ทำนายผิดจำนวน 362 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ทำนายผิดเป็น Falling Left จำนวน 204 ตัวอย่าง และ Falling Right จำนวน 86 ตัวอย่าง แบบจำลองยังมีการทำนายคลาดเคลื่อนระหว่าง Falling Backward กับ Falling Left อย่างชัดเจน

Falling Forward (ล้มไปด้านหน้า) ทำนายถูกต้อง 1280 ตัวอย่าง ทำนายผิดจำนวน 354 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ทำนายผิดเป็น Falling Backward จำนวน 140 ตัวอย่าง และ Falling Left จำนวน 115 ตัวอย่าง แบบจำลองมีทำนายผิดมากกว่าคลาสอื่นๆ

Falling Left (ล้มไปทางซ้าย) ทำนายถูกต้อง 1260 ตัวอย่าง ทำนายผิดจำนวน 38 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ทำนายผิดเป็นคลาส Walking จำนวน 23 ตัวอย่าง โดยภาพรวมแสดงว่าแบบจำลองสามารถทำนายคลาส Falling Left ได้ดีเยี่ยม

Falling Right (ล้มไปทางขวา) ทำนายถูกต้อง 1191 ตัวอย่าง ทำนายผิดจำนวน 393 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ทำนายผิดเป็น Falling Backward จำนวน 104 ตัวอย่าง และ Falling Left จำนวน 247 ตัวอย่าง แบบจำลองนี้การทำนายคลาดเคลื่อนจากคลาส Falling Right เป็น Falling Left มากที่สุด

Walking (การเดิน) ทำนายถูกต้อง 1319 ตัวอย่าง ทำนายผิดจำนวน 154 ตัวอย่าง จาก 154 ตัวอย่างที่ทำนายผิด ส่วนใหญ่ทำนายผิดเป็นคลาส Falling Left จำนวน 133 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.5 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ VGG Ver.2

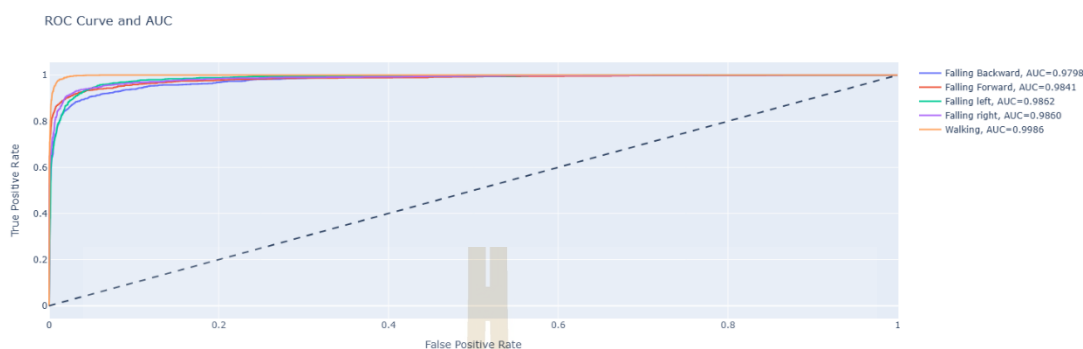
Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Falling Backward	0.8274	0.7795	0.8028	1642
Falling Forward	0.9325	0.7744	0.8461	1569
Falling Left	0.6432	0.9707	0.7737	1298
Falling Right	0.8816	0.7519	0.8116	1584
Walking	0.9381	0.8955	0.9163	1473
Accuracy			0.8280	7566
Macro Avg	0.8445	0.8344	0.8301	7566
Weighted Avg	0.8505	0.8280	0.8307	7566

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าคลาส Falling Backward, Falling Forward, Falling Right และ Walking ค่า Precision มีค่าสูงกว่าค่า Recall แสดงว่าแบบจำลองมีการทำนายทั้ง 4 คลาสได้ดี แต่ค่า Recall ต่ำหมายความว่ามีความผิดพลาดที่ถูกต้องทำนายผิด คลาส Falling Left มีค่า Precision ต่ำที่สุดจากคลาสทั้งหมด หมายถึงแบบจำลองมีการทำนายผิดพลาดจากคลาสอื่นเป็น Falling Left มากที่สุด ส่วนคลาส Falling Backward ค่า Precision อยู่ในเกณฑ์ดี แต่ยังไม่สูงมาก ถ้าเจอข้อมูลใหม่ที่เป็นคลาส Falling Backward มีโอกาสทำนายผิดพลาดสูงกว่าคลาสอื่น ๆ คลาสที่โดดเด่น คือ คลาส Walking มีค่า Precision สูงถึง 93.81 % แบบจำลองสามารถทำนายคลาส Walking ได้อย่างแม่นยำ

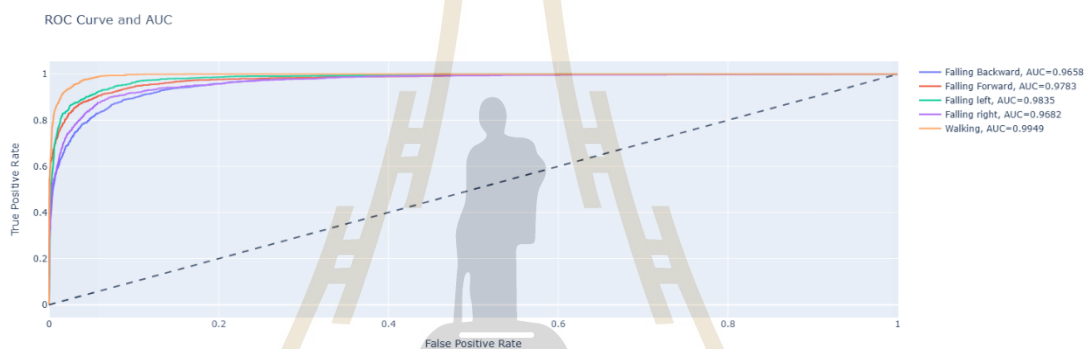
4.2.3. กราฟ ROC และค่า AUC ของเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG

จากกราฟในรูปที่ 4.11 และ 4.12 จะเห็นว่าทุกคลาสอยู่เหนือเส้นประทั้งหมดและ ทุกคลาสมี AUC สูงมาก แบบจำลองมีประสิทธิภาพในการแยกแยะคลาสต่างๆ ดี แต่เมื่อนำแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับ แบบจำลองที่ใช้เทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG ของชุดข้อมูลวิดีโอ MediaPipe มีประสิทธิภาพดีกว่า แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.6

4.2.3 กราฟ ROC และค่า AUC ของ 2 เลเยอร์



รูปที่ 4.11 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ VGG Ver.1



รูปที่ 4.12 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ VGG Ver.2

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบของค่า AUC จากแบบจำลองทั้ง 2 ชุดข้อมูล (VGG)

Class	AUC ของ VGG Ver.1	AUC ของ VGG Ver.2	การเปรียบเทียบ
Falling Backward	0.9798	0.9658	ลดลงอย่างชัดเจน
Falling Forward	0.9841	0.9783	ลดลงอย่างชัดเจน
Falling Left	0.9862	0.9835	ลดลงเล็กน้อย
Falling Right	0.9860	0.9682	ลดลงอย่างชัดเจน
Walking	0.9986	0.9949	ลดลงเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.6 แม้ทั้ง 2 แบบจำลองจะมีค่า AUC ที่ดีเยี่ยม ค่า AUC มากกว่า 0.96 ทุกคลาส แต่แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG ของชุดข้อมูลวีดีโอปกติแสดง

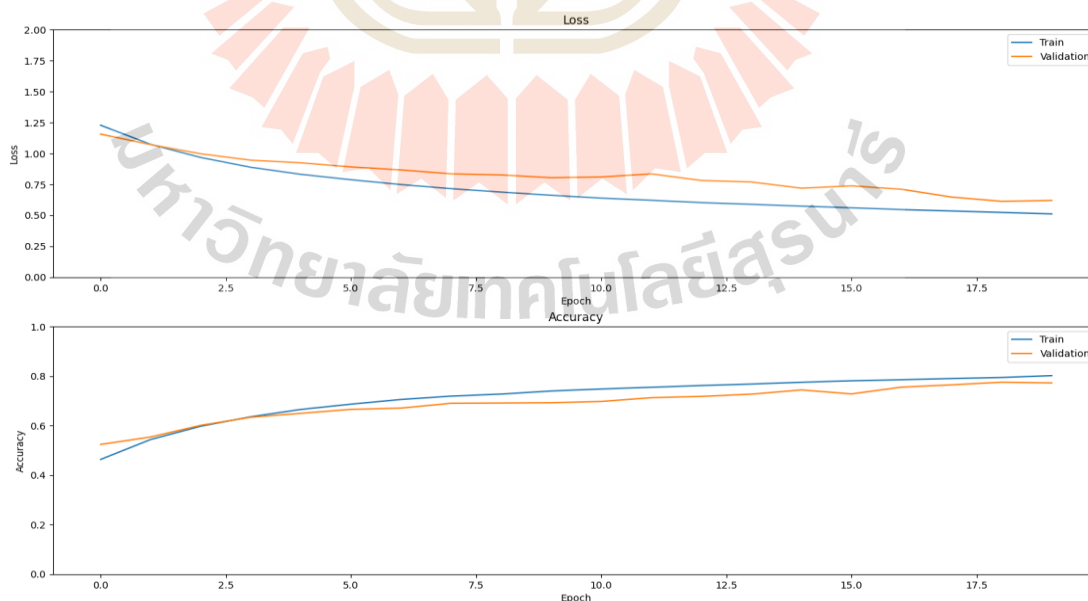
ผลลัพธ์ที่เสถียรและมีประสิทธิภาพในการแยกแยะที่ชัดเจนกว่ามาก มีแนวโน้มว่าแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe จำแนกคลาส Falling Backward และ Falling Right ได้ดีกว่าแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG ของชุดข้อมูลวีดีโอปกติอย่างชัดเจน เนื่องจากค่า AUC ต่ำ ลงมากในทั้ง 2 คลาส สรุปได้ว่าแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG ของชุดข้อมูลวีดีโอปกติมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ในทุกคลาส

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50

แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50 จะมีลักษณะของการทำการเรียนรู้แบบถ่ายโอนโดยใช้ Resnet 50 ซึ่งถูกเทรนล่วงหน้าจากชุดข้อมูลใหญ่ เช่น ImageNet เพื่อดึงคุณลักษณะพื้นฐานของภาพ ก่อนที่จะนำเวกเตอร์คุณลักษณะไปประมวลผลต่อด้วย Dense Layers ที่กำหนดขึ้นใหม่ เพื่อปรับแต่งการจำแนกประเภทให้ตรงกับชุดข้อมูลซึ่งมีทั้งหมด 5 ประเภท

4.3.1 Training Validation Loss และ Training Validation Accuracy ของ Resnet 50

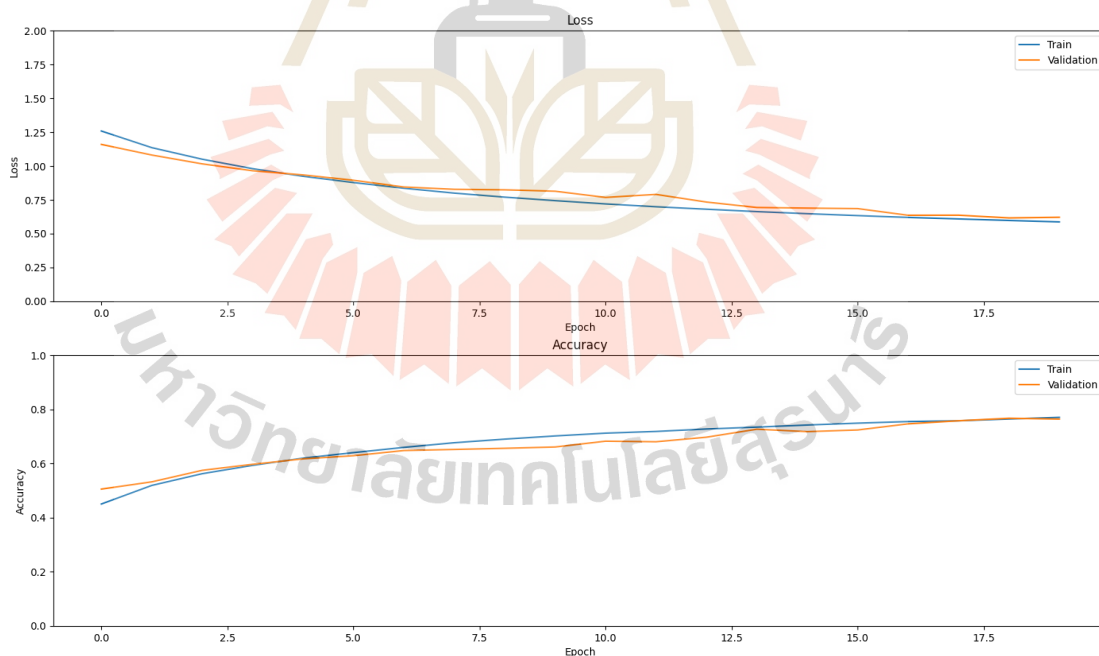
ผลการฝึกแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50 ของชุดข้อมูลวีดีโอปกติแสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ของ Resnet 50 Ver.1

จากรูปที่ 4.13 กราฟบนค่า Loss มีแนวโน้มลดลงต่อเนื่อง ทั้งชุด Train และ Validation แสดงว่าโมเดลกำลังเรียนรู้ได้ดี ในช่วง Epoch (0–5) ค่า Loss ของ Train และ Validation ลดลงพร้อมกันและใกล้เคียงกัน บ่งชี้ว่าแบบจำลองยังไม่ Overfit สำหรับช่วง Epoch 6–19 ค่า Loss ของ Validation ลดลงช้ากว่า Train เล็กน้อย โดยในช่วง Epoch 10–15 จะเห็นว่ามีการ "แกว่ง" (noise) แต่แนวโน้มโดยรวมของ Validation Loss ก็ยังลดลง ซึ่งเป็นสัญญาณที่ดี เนื่องจากไม่มีการเบี่ยงออก ระหว่าง Train และ Validation อย่างชัดเจน แบบจำลองยังไม่เกิด Overfitting

ในส่วนของค่า Accuracy ของทั้งชุด Train และ Validation เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง แสดงว่าแบบจำลองสามารถเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ ช่วง Epoch 0–3 Accuracy ของ Validation สูงกว่า Train เล็กน้อย บ่งบอกว่าแบบจำลองยังเรียนรู้ไม่ครบ แต่เริ่มมีแนวโน้มที่ดี ช่วง Epoch 4–10 จะเห็นว่า Accuracy ของ Train สูงกว่า Validation เล็กน้อย มีความแตกต่างเริ่มเกิดขึ้น แต่ไม่มากนัก แบบจำลองยังคงเรียนรู้ได้ดี และในช่วง Epoch 10–19 Accuracy ของ Train สูงกว่าชุด Validation อย่างสม่ำเสมอ แต่ต่างกันเล็กน้อย ประมาณ 0.03–0.05 แต่ Validation



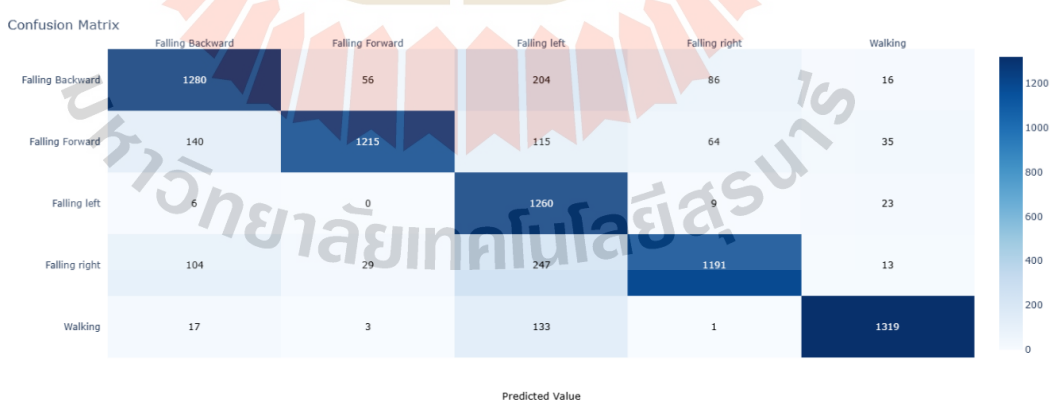
รูปที่ 4.14 แสดงกราฟบน Loss (Train vs Validation) และกราฟล่าง Accuracy (Train vs Validation) ของ Resnet 50 Ver.2

Accuracy ยังเพิ่มขึ้นตลอด ไม่มีการลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงว่า ไม่มี overfitting ชัดเจน สรุปแบบจำลองมีประสิทธิภาพและเรียนรู้ได้ดี สังเกตได้จากค่า Loss ที่ลดลง และค่า Accuracy ที่เพิ่มขึ้น

สำหรับแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50 ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ค่า Loss ของชุด Train และ Validation ลดลงต่อเนื่อง ตลอด 20 epoch แสดงในรูปที่ 4.14 กราฟบน ทั้งสองเส้นมีแนวโน้มลดลงแบบ เรียบและใกล้เคียงกันมาก ซึ่งบ่งบอกว่าแบบจำลองเรียนรู้ได้ดีและไม่มี Overfitting ไม่มีจุดที่ Validation Loss เพิ่มสูงแบบชัดเจน เป็นสัญญาณว่าแบบจำลองยังไม่เริ่มจำข้อมูลฝึกมากเกินไป ส่วนกราฟล่าง ค่า Accuracy ของทั้ง Train และ Validation เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง และ เข้าใกล้กันมาก จนเกือบเท่ากัน ในช่วง Epoch 18–19 ความแตกต่างระหว่างกราฟ Train และ Validation Accuracy มีน้อยตลอดช่วงการฝึก ค่า Accuracy สุดท้ายอยู่ประมาณ 76% – 77% ซึ่งถือว่า ค่อนข้างดี จากการวิเคราะห์พบว่าแบบจำลองไม่มีอาการ Overfitting เพราะความแม่นยำของ Validation สูงเกือบเท่า Train และไม่มีอาการ Underfitting เพราะ Accuracy สูงขึ้นเรื่อย ๆ และไม่หยุดนิ่งเร็วเกินไป สรุปแบบจำลองมีประสิทธิภาพดี และเสถียร

4.3.2 Confusion Matrix ของ Resnet 50

ผลการทำนายของแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50 ของชุดข้อมูลวีดีโอปกติแสดงในรูปที่ 4.15 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.15 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ Resnet 50 Ver.1

Falling Backward (ล้มไปด้านหลัง) ทำนายถูกต้อง 1280 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Left จำนวน 204 ตัวอย่าง และ คลาส Falling Right 101 รวมผิดทั้งหมด 362

ตัวอย่าง แบบจำลองมีแนวโน้มสับสนระหว่าง Falling Backward กับ Falling Left มากที่สุด สาเหตุอาจเกิดลักษณะท่าทางใกล้เคียงกันในมุมมองภาพ

Falling Forward (ล้มไปด้านหน้า) ทำนายถูกต้อง 1215 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Backward จำนวน 140 ตัวอย่าง คลาส Falling Left จำนวน 115 ตัวอย่าง รวมผิดทั้งหมด 354 ตัวอย่าง แบบจำลองนี้สับสนระหว่างคลาส Falling Forward กับคลาส Falling Backward และคลาส Falling Left พอสมควร

Falling Left (ล้มไปทางซ้าย) ทำนายถูกต้อง 1260 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Right จำนวน 9 ตัวอย่าง และคลาส Walking จำนวน 23 ตัวอย่าง สำหรับคลาสนี้แบบจำลองมีความสามารถแยกคลาส Falling Left ได้ดีมาก

Falling Right (ล้มไปทางขวา) ทำนายถูกต้อง 1191 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Left จำนวน 247 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นการทำนายผิดพลาดที่สูงที่สุดของคลาสนี้ มีแนวโน้มถูกทำนายผิดเป็นฝั่งซ้าย สะท้อนว่าแบบจำลองมีปัญหาแยกท่าล้มซ้าย-ขวา อาจเกิดจากลักษณะภาพที่คล้ายกัน

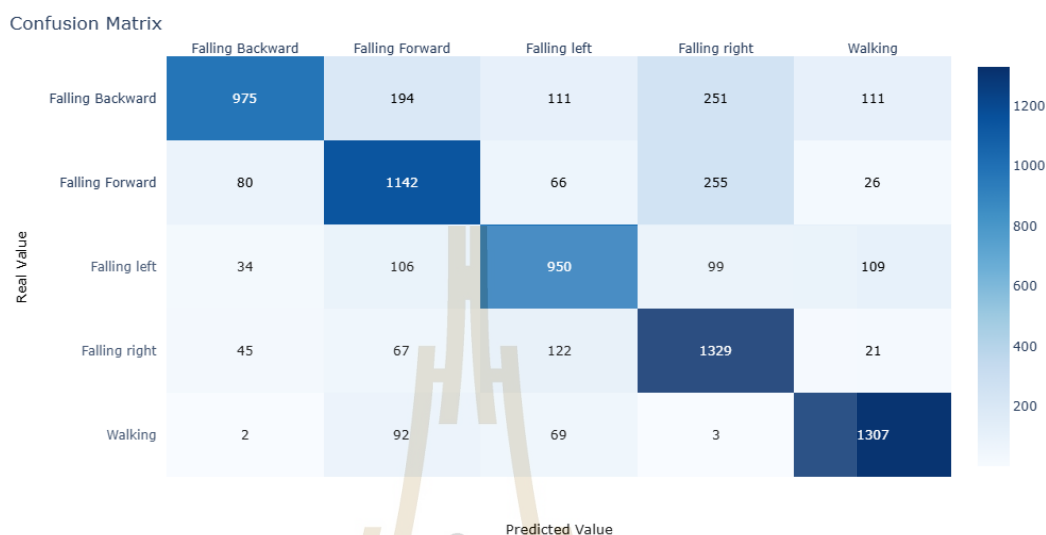
Walking (การเดิน) ทำนายถูกต้อง 1319 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Left มากที่สุด จำนวน 133 ตัวอย่าง โดยรวมคลาส Walking แบบจำลองสามารถแยกได้ดี แต่ยังมีบางส่วนทำนายผิดเป็น Falling Left อาจเกิดจากภาพที่มีลักษณะเดินผิดปกติ หรือช่วง transition

ตารางที่ 4.7 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ Resnet 50 Ver.1

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Falling Backward	0.8721	0.5773	0.6948	1642
Falling Forward	0.9450	0.6354	0.7599	1569
Falling Left	0.7259	0.8344	0.7763	1298
Falling Right	0.6366	0.9078	0.7484	1584
Walking	0.8243	0.9362	0.8767	1473
Accuracy			0.7725	7566
Macro Avg	0.8008	0.7782	0.7712	7566
Weighted Avg	0.8035	0.7725	0.7689	7566

จากตารางที่ 4.7 แบบจำลองทำนายได้ถูกต้องประมาณ 77.25% ของตัวอย่างทั้งหมด คลาส Falling Backward และ Falling Forward มีค่า Precision สูง แต่ Recall ต่ำมาก แบบจำลองทำนายทำนาย 2 คลาสนี้ได้แม่นยำ แต่ยังไม่ครอบคลุม เนื่องจากมีการทำนายพลาดเป็นคลาสอื่น ๆ ส่วนในคลาส Falling Left และ Falling Right สังเกตได้ว่ามีค่า Recall สูง บ่งบอกแบบจำลองสามารถจำแนก 2 คลาสนี้ได้อย่างครบถ้วน แต่มีค่า Precision ต่ำ ส่วนคลาส Walking แบบจำลองสามารถทำนายคลาสนี้ได้ดีที่สุด สังเกตได้จากค่า Precision, Recall และ F1-Score ที่สูง สรุปแบบจำลองสามารถจำแนกคลาส Walking ได้ดีเยี่ยม ต้องปรับปรุงในคลาส Falling Backward เนื่องจากแบบจำลองพลาดหลายเหตุการณ์ที่ควรตรวจจับได้ และคลาส Falling Right แบบจำลองมีแนวโน้มทำนายว่าเป็น Falling Right มากเกินไป ส่งผลให้มีค่า Precision ต่ำ

สำหรับชุดข้อมูลวิดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe แสดงผลการทำนายของแบบจำลองในรูปที่ 4.16 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.16 แสดงตาราง Confusion Matrix ของ Resnet 50 Ver.2

Falling Backward (ล้มไปด้านหลัง) ทำนายถูกต้อง 975 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Forward จำนวน 194 ตัวอย่าง คลาส Falling Right จำนวน 251 ตัวอย่าง รวมถึงคลาส Falling Left และคลาส Walking จำนวนคลาสละ 111 ตัวอย่าง รวมผิดทั้งหมด 667 ตัวอย่าง แบบจำลองมีแนวโน้มสับสนระหว่าง Falling Right กับ Falling Forward มากที่สุด สาเหตุอาจเกิดลักษณะภาพหรือมุมมองอาจคล้ายกันในคลาสเหล่านี้

Falling Forward (ล้มไปด้านหน้า) ทำนายถูกต้อง 1142 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Backward จำนวน 80 ตัวอย่าง คลาส Falling Left จำนวน 66 ตัวอย่าง และคลาส Falling Right จำนวน 255 ตัวอย่าง รวมผิดทั้งหมด 427 ตัวอย่าง แบบจำลองนี้สับสนกับ Falling Right อย่างมีนัย คลาสนี้อาจมีท่าทางทิศทางการล้มที่แบบจำลองแยกยาก

Falling Left (ล้มไปทางซ้าย) ทำนายถูกต้อง 950 ตัวอย่าง มีการทำนายผิดเป็นคลาส Walking จำนวน 109 ตัวอย่าง ซึ่งสูงผิดปกติเมื่อเทียบกับคลาสอื่น ๆ

Falling Right (ล้มไปทางขวา) ทำนายถูกต้อง 1329 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Left จำนวน 122 ตัวอย่าง คลาส Falling Forward จำนวน 67 ตัวอย่าง และคลาส Falling Backward จำนวน 45 ตัวอย่าง คลาสนี้เป็นคลาสที่แบบจำลองแยกได้ดีที่สุด

Walking (การเดิน) ทำนายถูกต้อง 1307 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Forward จำนวน 92 ตัวอย่าง และทำนายผิดเป็นคลาส Falling Left จำนวน 69 ตัวอย่าง โดยรวม

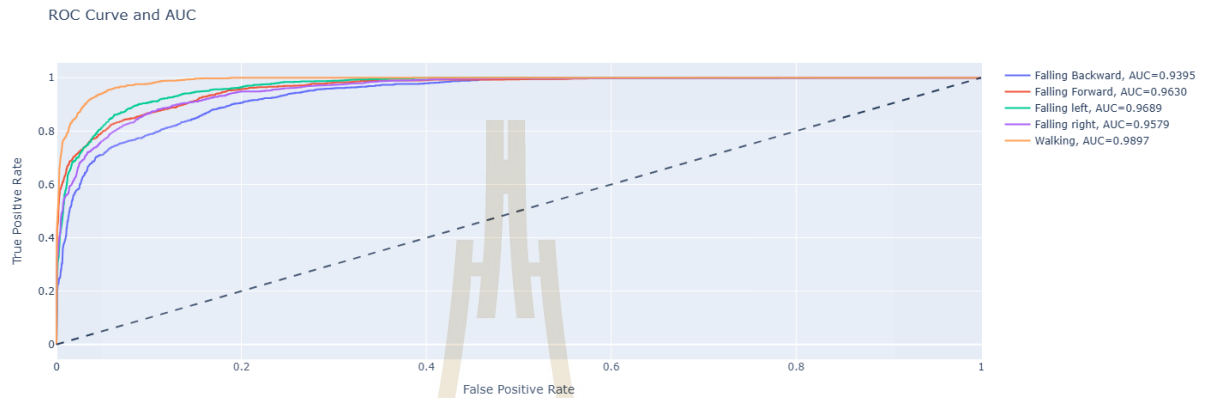
คลาส Walking แบบจำลองสามารถแยกได้ดี แต่แบบจำลองอาจตีความการ "เดินเร็ว" หรือ "เดินผิดปกติ" ว่าเป็นการล้ม

ตารางที่ 4.8 รายงานการจำแนกประเภท (Classification Report) ของ Resnet 50 Ver.2

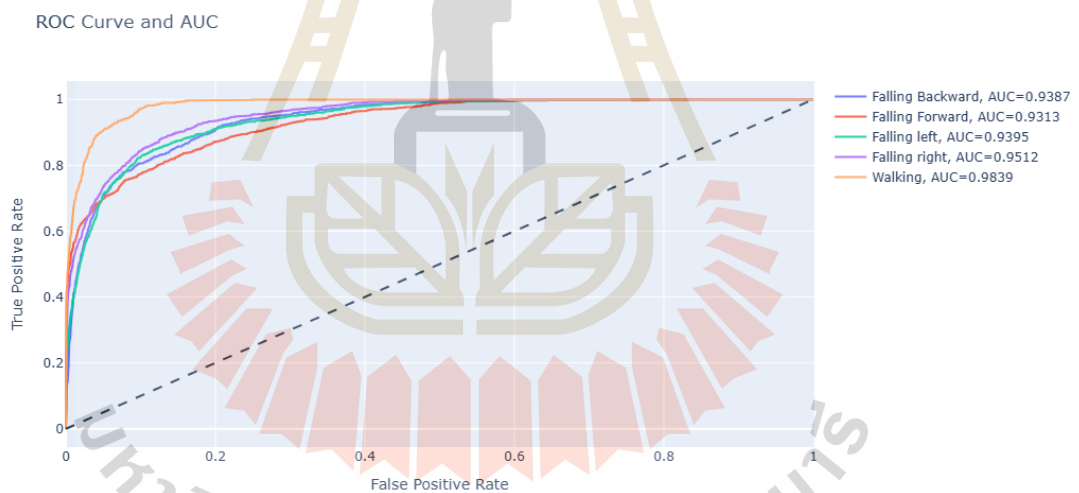
Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Falling Backward	0.8583	0.5938	0.7019	1642
Falling Forward	0.7133	0.7279	0.7205	1569
Falling Left	0.7208	0.7319	0.7263	1298
Falling Right	0.6861	0.8390	0.7549	1584
Walking	0.8304	0.8873	0.8579	1473
Accuracy			0.7538	7566
Macro Avg	0.7618	0.7560	0.7523	7566
Weighted Avg	0.7631	0.7538	0.7514	7566

จากตารางที่ 4.8 คลาส Falling Forward , Falling Left และ Walking มีความสมดุลทั้งค่า Precision, Recall และ F1- score บ่งบอกว่าแบบจำลองมีความสามารถในการจำแนกได้อย่างแม่นยำและครอบคลุม แม้ Falling Forward และ Falling Left จะมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนคลาส Falling Backward มีค่า Precision ค่อนข้างสูง แต่ค่า Recall ต่ำมาก แบบจำลองมีการทำนายคลาสนี้พลาดเยอะ คลาส Falling Right มีค่า Precision ต่ำ แต่ค่า Recall สูง แบบจำลองตรวจจับกรณีล้มทางขวาได้เกือบครบ แต่แบบจำลองมักทำนายว่าเป็น Falling Right แม้ไม่ใช่ ส่งผลให้ Precision ต่ำ สรุปคลาส Walking ยังเป็นคลาสที่แบบจำลองสามารถจำแนกได้ดีที่สุดในขณะที่คลาส Falling Backward ต้องมีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มค่า Recall ส่วน Falling Forward และ Falling Left มีความสมดุลระหว่างค่า Precision และ Recall แต่อยู่ในระดับปานกลาง ยังต้องมีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มค่า Precision และ Recall

4.3.3 กราฟ ROC และค่า AUC ของ Resnet 50



รูปที่ 4.17 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ Resnet 50 Ver.1



รูปที่ 4.18 แสดงกราฟ ROC และค่า AUC ของ Resnet 50 Ver.2

จากกราฟในรูปที่ 4.17 กราฟแสดงว่าแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50 ของชุดข้อมูลวีดีโอปกติ มีความสามารถในการจำแนกคลาสได้ดีเยี่ยม โดยทุกเส้น ROC โค้งชันขึ้นไปทางมุมซ้ายบนของกราฟ ซึ่งหมายถึงค่า TPR (True Positive Rate) สูงมาก ในขณะที่ FPR (False Positive Rate) ต่ำตลอดการจำแนก โดยเฉพาะคลาส Walking ที่ได้ AUC สูงสุดถึง 0.9897 แสดงว่าโมเดลสามารถจำแนก "การเดิน" ได้แม่นยำเกือบสมบูรณ์แบบ นอกจากนี้ Falling Forward (0.9630), Falling Left (0.9689), และ Falling Right (0.9579) อยู่ในระดับ AUC สูงมาก

(>0.95) ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองสามารถแยกแยะท่าทางการล้มแต่ละทิศทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วน Falling Backward ได้ AUC = 0.9395 ซึ่งยังถือว่าสูงและดีมาก แต่ต่ำที่สุดในชุดนี้ อาจสะท้อนว่าแบบจำลองยังมีข้อจำกัดบางประการในการแยกกรณีล้มไปด้านหลัง ส่วนภาพที่ 4.18 กราฟแสดงว่าแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50 ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมวลผลท่าทางด้วย MediaPipe กราฟ ROC แต่ละเส้นยังไม่โค้งไปทางซ้ายบนมากนักเมื่อเทียบกับชุดข้อมูลปกติ โดยค่า AUC ส่วนใหญ่จะต่ำกว่าทุกคลาส ตัวอย่างเช่น Falling Forward ได้เพียง 0.9313, ซึ่งต่ำกว่าแบบจำลองจากชุดข้อมูลปกติ ที่ได้ 0.9630 อย่างชัดเจน ส่วน Falling Left ได้ AUC เท่ากับ 0.9395 และ Falling Right อยู่ที่ 0.9512 ซึ่งแม้จะดูดีแต่ก็ยังต่ำกว่าแบบจำลองจากชุดข้อมูลปกติ คลาสที่แบบจำลองทำได้ดีที่สุดคือ Walking ที่ได้ AUC = 0.9839 ซึ่งยังสูงมากแต่น้อยกว่าแบบจำลองจากชุดข้อมูลปกติ นอกจากนี้คลาส Falling Backward ที่ได้ AUC = 0.9387 มีพฤติกรรมใกล้เคียงกันทั้งสองชุดข้อมูล แต่โดยรวมแล้ว ROC Curve ในแบบจำลองนี้ยังแสดงให้เห็นว่ามีการทำนายผิดมากกว่า โดยเฉพาะในช่วงค่า False Positive Rate ที่ยังไม่ต่ำเท่าที่ควร ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบของค่า AUC จากแบบจำลองทั้ง 2 ชุดข้อมูล (Resnet 50)

Class	AUC ของ Resnet 50 Ver.1	AUC ของ Resnet 50 Ver.2	การเปรียบเทียบ
Falling Backward	0.9395	0.9387	ลดลงเล็กน้อย
Falling Forward	0.9630	0.9313	ลดลงอย่างชัดเจน
Falling Left	0.9689	0.9395	ลดลงอย่างชัดเจน
Falling Right	0.9579	0.9512	ลดลงเล็กน้อย
Walking	0.9897	0.9839	ลดลงเล็กน้อย

โดยสรุปจากตารางที่ 4.9 แล้ว แบบจำลองจากชุดข้อมูลปกติแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สูงกว่าในทุกคลาส เมื่อพิจารณาจากค่า AUC ทั้งในเชิงตัวเลขและในเชิงลักษณะกราฟเส้น ROC ที่แนบชิดกับมุมซ้ายบนมากกว่าอย่างชัดเจน การจำแนกประเภทที่โดดเด่นของแบบจำลองจากชุดข้อมูลปกติคือ คลาส Falling Forward และ Falling Left ซึ่งมีค่ามากกว่าแบบจำลองจากข้อมูล MediaPipe สะท้อนว่า แบบจำลองจากชุดข้อมูลปกติ มีความสามารถในการแยกแยะพฤติกรรมที่มี

ความซับซ้อนหรือมีลักษณะใกล้เคียงกันได้ดีขึ้น จึงเหมาะสำหรับใช้งานในระบบตรวจจับพฤติกรรม การล้มที่ต้องการความแม่นยำสูง

4.4 วิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ของชุดข้อมูลวิดีโอปกติมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) เท่ากับ 88.30% ซึ่งอยู่ในระดับที่ดี อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า Recall ในคลาส Falling Right พบว่ามีค่าต่ำเพียง 0.6806 สะท้อนว่าแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะตรวจจับการล้มในทิศทางนี้ได้ไม่ครอบคลุม แม้ว่าค่าความแม่นยำในคลาสอื่น เช่น Walking จะอยู่ในระดับสูง (F1-score = 0.9835) ก็ตาม กราฟแสดงการฝึกของแบบจำลองแสดงให้เห็นว่า Accuracy ของชุดฝึกและชุดทดสอบเริ่มห่างกันมากขึ้น และ Validation Loss มีความผันผวน สะท้อนความเป็นไปได้ของการเกิด Overfitting ในช่วงหลังของการฝึก ทำให้แม้ผลรวมจะดูดี แต่เสถียรภาพของโมเดลยังไม่เหมาะกับการใช้งานจริง

แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ของชุดข้อมูลวิดีโอเพิ่มการประมวลผลทางด้วย MediaPipe เป็นแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในบรรดาทุกแบบจำลอง โดยมี Accuracy สูงถึง 90.62% และมีค่า F1-score รายคลาสสูงกว่า 0.90 ในเกือบทุกคลาส ไม่ว่าจะเป็น Falling Forward (0.9178), Falling Right (0.9089) และ Walking (0.9263) ซึ่งแสดงถึงความสมดุลและความครอบคลุมในการจำแนกพฤติกรรมแบบต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ กราฟของแบบจำลองนี้ยังแสดงให้เห็นว่า Train และ Validation Accuracy มีแนวโน้มใกล้เคียงกันอย่างต่อเนื่อง และไม่มีอาการ Overfitting โดย Validation Loss ลดลงอย่างมั่นคง สะท้อนว่าแบบจำลองสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและ generalize ได้ดีกับข้อมูลใหม่ จึงถือว่าเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานจริง

แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG ของชุดข้อมูลวิดีโอปกติมีค่า Accuracy อยู่ที่ 88.91% โดยค่าความแม่นยำในคลาส Falling Backward มีค่า Precision สูงถึง 0.9722 แต่มี Recall ต่ำเพียง 0.7247 แสดงว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้แม่นยำเมื่อทำนายถูกต้อง แต่ยังพลาดการตรวจจับบางกรณี กราฟของแบบจำลองนี้แสดงการลดลงของ Loss อย่างต่อเนื่อง และความใกล้เคียงระหว่าง Train และ Validation Accuracy จึงไม่มีอาการ Overfitting

อย่างเด่นชัด อย่างไรก็ตาม การมี Recall ต่ำในบางคลาสโดยเฉพาะคลาสการล้ม อาจเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้จริงที่ต้องการความไวต่อเหตุการณ์ผิดปกติ

แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG เลเยอร์ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ให้ค่า Accuracy เท่ากับ 82.80% แม้จะมีจุดเด่นในคลาส Falling Left ที่มีค่า Recall สูงถึง 0.9707 แต่กลับมีค่า Precision ต่ำในคลาสเดียวกัน (0.6432) สะท้อนถึงแนวโน้มในการเกิด false positive หรือการแจ้งเตือนผิดพลาดได้บ่อย กราฟแสดงการเรียนรู้ของแบบจำลองนี้ค่อนข้างนิ่ง ทั้งในด้านของ Loss และ Accuracy แต่ Validation Accuracy ต่ำกว่าชุดฝึกค่อนข้างชัดเจน ทำให้มีความเสี่ยงของ Overfitting ในระดับหนึ่ง แม้ว่าเสถียรภาพของกราฟจะดี แต่เมื่อพิจารณาพร้อมกับประสิทธิภาพพรายคลาสที่ไม่สมดุล จึงทำให้แบบจำลองนี้ยังไม่เหมาะกับการใช้งานจริง

แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet50 ของชุดข้อมูลวีดีโอปกติมี Accuracy อยู่ที่ 77.25% โดยสามารถให้ผลดีในคลาส Falling Right (Recall = 0.9078) และ Walking (Recall = 0.9362) แต่ในคลาส Falling Forward และ Falling Backward ซึ่งเป็นคลาสสำคัญของการล้ม กลับมี Recall ต่ำกว่า 0.65 ซึ่งทำให้มีโอกาสพลาดเหตุการณ์สำคัญได้ง่าย กราฟการเรียนรู้ของแบบจำลองแสดงความเสถียรในเชิงเทคนิค โดยมีแนวโน้มของ Train และ Validation Loss ลดลงพร้อมกัน แต่ด้วยความแม่นยำโดยรวมที่ไม่สูงและความไม่สมดุลของประสิทธิภาพพรายคลาส จึงไม่เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความถูกต้องในทุกสถานการณ์

แบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet50 ของชุดข้อมูลวีดีโอเพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe ให้ค่า Accuracy ต่ำที่สุดเพียง 75.38% โดยมีประสิทธิภาพในคลาสการล้มทุกคลาสอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะ Falling Backward และ Falling Forward ที่มี F1-score ต่ำกว่า 0.75 กราฟการฝึกของแบบจำลองนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ทั้ง Train และ Validation Accuracy มีค่าไม่สูง และค่า Loss ไม่มีแนวโน้มลดลงอย่างเด่นชัด แสดงว่าแบบจำลองอาจเรียนรู้ไม่เพียงพอหรือมีข้อจำกัดทางโครงสร้าง ส่งผลให้ไม่เหมาะกับการใช้งานจริงในระบบตรวจจับการล้มที่ต้องการความแม่นยำและความเสถียรในระดับสูง

4.5 ผลการทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลนอกขอบเขตการฝึกสอนแบบจำลอง

จากการศึกษาแบบจำลองโดยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อจำแนกการล้ม 4 แบบและการเดิน ต่อมาได้นำแบบจำลองทั้ง 6 แบบ มาทดสอบกับข้อมูลนอกช่วงของแบบจำลอง ซึ่งเป็นข้อมูลวิดีโอที่แบบจำลอง ยังไม่เคยเรียนรู้มาจำนวน 5 วิดีโอ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทำนายของแบบจำลองทั้ง 6 แบบกับข้อมูลนอกขอบเขตการฝึกสอน

ชื่อวิดีโอ	จำนวนเฟรมทั้งหมด	จำนวนเฟรมที่ทำนายถูกคิดเป็นร้อยละ					
		2-layer Ver.1	2-layer Ver.2	VGG Ver.1	VGG Ver.2	Resnet50 Ver.1	Resnet50 Ver.2
Video_1	119	78.99	93.28	0.00	0.00	7.56	15.13
Video_2	122	45.08	19.33	15.97	14.29	63.87	63.87
Video_3	123	0.81	24.39	56.91	30.08	16.26	18.70
Video_4	365	0.00	0.00	9.59	0.00	89.32	89.32
Video_5	180	65.56	9.44	5.00	3.89	0.00	0.00
Video_6	450	42.00	4.00	24.89	20.67	29.78	44.22
Video_7	692	35.26	9.97	35.26	33.09	35.26	35.26
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง		38.24	22.92	21.09	14.57	34.58	38.07
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		29.83	32.14	19.83	13.90	31.99	30.79

จากตารางแสดงผลการทำนายของแบบจำลองทั้ง 6 แบบ ได้แก่ 2-layer Ver.1, 2-layer Ver.2, VGG Ver.1, VGG Ver.2, ResNet50 Ver.1 และ ResNet50 Ver.2 พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงสุดคือ 2-layer Ver.1 และ ResNet50 Ver.2 โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 38.24% และ 38.07% ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความสามารถของแบบจำลองดังกล่าวในการจำแนกพฤติกรรมในวิดีโอได้ดีกว่าแบบจำลองอื่น ๆ ในชุดข้อมูลที่ใช้ทดลอง

ในขณะที่แบบจำลอง VGG Ver.2 แม้จะมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 14.57% แต่กลับมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุดที่ 13.90% ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองมีความเสถียรในการทำนาย กล่าวคือประสิทธิภาพของแบบจำลองในแต่ละวิดีโอมีความแปรปรวนน้อย ต่างจาก 2-layer Ver.2 และ ResNet50 Ver.1 ที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถึง 32.14% และ 31.99% ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความไม่สม่ำเสมอในการทำนายของแบบจำลองเหล่านี้ในบริบทของวิดีโอที่หลากหลาย

เมื่อพิจารณาแบบจำลองในภาพรวม ในชุดข้อมูลที่นำมาทดสอบ Video_1 ถึง Video_5 เป็นวิดีโอที่แสดงการล้มอย่างชัดเจน โดยแบบจำลอง 2-layer Ver.1 ทำนายได้ค่อนข้างแม่นยำ ในขณะที่ Video_6 และ Video_7 แสดงการนั่งจากนั้นล้มตัวลงนอน ซึ่งมีความใกล้เคียงกับการล้ม ด้วยแบบจำลองที่ถูกฝึกฝนมาให้แยกประเภทประเภทการล้มและการเดิน ทำให้แบบจำลองเรียนรู้การนั่งแล้วเอนตัวลงนอนเป็นการล้ม ซึ่งมีผลต่อการส่งการแจ้งเตือนทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน และเกิดการแจ้งเตือนตลอดเวลา ถึงอย่างไรก็ตามใน Video_6 และ Video_7 แบบจำลอง Resnet50 Ver.2 มีการแยกแยะได้ดีกว่าเล็กน้อย แสดงถึงการพัฒนาโมเดลที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแบบจำลอง VGG แม้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าในด้านความแม่นยำ แต่ยังคงแสดงความสม่ำเสมอที่น่าสนใจในบางวิดีโอ เช่น Video_3 และ Video_7

จากผลการวิเคราะห์นี้สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง 2-layer Ver.1 และ ResNet50 Ver.2 มีแนวโน้มที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงมากกว่าแบบจำลองอื่นในแง่ของความแม่นยำโดยรวม แต่หากพิจารณาร่วมกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย จะพบว่าแบบจำลองทั้งหมดยังมีแนวโน้มการทำนายที่ไม่คงที่มากพอ จึงควรมีการพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มข้อมูลฝึกสอน การเพิ่มข้อมูลเทียม การเพิ่มประเภทการจำแนกหรือการใช้เทคนิคการรวมแบบจำลองเพื่อรวมความสามารถของโมเดลหลายแบบเข้าด้วยกันในการประยุกต์ใช้งานแบบเรียลไทม์ต่อไป

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาแบบจำลองโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน เพื่อจำแนกการล้ม 4 ประเภทและการเดิน จากวีดีโอ งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ทั้งหมด 3 แบบ คือโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 เลเยอร์ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ VGG และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Resnet 50 ฝึกฝนผ่านชุดข้อมูล 2 ชุด คือ ชุดข้อมูลวีดีโอจำลองการล้ม และชุดข้อมูลวีดีโอที่เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe

จากผลการวิจัยในบทที่ 4 พบว่าแบบจำลองแบบ 2 เลเยอร์ ที่ฝึกฝนด้วยชุดข้อมูลวีดีโอที่เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) ร้อยละ 90.62 เมื่อพิจารณา ค่าการวัดประสิทธิภาพพรายคลาส ได้แก่ ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าเรียกคืน (Recall) และค่าเฉลี่ยของความแม่นยำและค่าเรียกคืน (F1-score) พบว่าแบบจำลองสามารถจำแนกพฤติกรรมได้อย่างแม่นยำในทุกคลาส ไม่ว่าจะเป็นการล้มไปข้างหน้า (Falling Forward), ล้มไปทางขวา (Falling Right), หรือการเดินปกติ (Walking) โดยมีค่า F1-Score มากกว่า 0.90 ในทุกคลาส ซึ่งสะท้อนว่าแบบจำลองสามารถเรียนรู้ลักษณะเฉพาะของท่าทางต่าง ๆ ได้อย่างครอบคลุมและไม่ลำเอียง จากการวิเคราะห์กราฟผลการเรียนรู้ของแบบจำลอง ยังพบว่า ค่าความแม่นยำของชุดฝึกและชุดทดสอบมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน แสดงถึงการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและ ไม่มีอาการ Overfitting อย่างชัดเจน ทั้งนี้ ค่า Loss ของทั้ง Training และ Validation ก็มีแนวโน้มลดลงต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถเรียนรู้จากข้อมูลฝึก เมื่อทำการทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลวีดีโอที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตของการฝึกสอน (unseen data) พบว่าแบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2-layer Ver.1 และ ResNet50 Ver.2 โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 38.24% และ 38.07% ตามลำดับ รองลงมาคือ ResNet50 Ver.1 ที่มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 34.58% สะท้อนถึงความสามารถของแบบจำลองเหล่านี้ในการเรียนรู้ลักษณะท่าทางจากข้อมูลฝึกสอนและสามารถประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่ไม่เคยเห็นมาก่อนได้ในระดับหนึ่ง ขณะที่แบบจำลอง VGG Ver.1 และ VGG Ver.2 ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยต่ำสุดที่ 21.09% และ 14.57% ตามลำดับ แม้ผลลัพธ์จะต่ำ แต่เมื่อพิจารณาจาก

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งสะท้อนถึงความเสถียรของแบบจำลอง พบว่า VGG Ver.2 มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุดที่ 13.90% แสดงว่าแบบจำลองมีแนวโน้มให้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอ แม้จะมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยต่ำขณะเดียวกัน แบบจำลองที่ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูง เช่น 2-layer Ver.1 และ ResNet50 Ver.2 กลับมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในระดับสูง คือ 29.83% และ 30.79% ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความไม่คงที่ในการทำนาย กล่าวคือ แบบจำลองเหล่านี้สามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากในบางวิดีโอ แต่ในบางกรณีกลับให้ผลลัพธ์ที่ต่ำมาก หรือแทบไม่สามารถจำแนกได้เลย จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง 2-layer Ver.1 และ ResNet50 Ver.2 มีแนวโน้มที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงมากที่สุดในเรื่องของความแม่นยำ แม้จะยังมีข้อจำกัดสำคัญของแบบจำลองในการทำนายข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างจากข้อมูลฝึกสอนอย่างชัดเจน ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปควรพิจารณาใช้เทคนิคการเพิ่มข้อมูล (Data Augmentation) และการรวมแบบจำลอง (Ensemble) เพื่อเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้จากความหลากหลายของท่าทาง และลดความผันผวนของผลลัพธ์ในการใช้งานจริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การปรับสมดุลข้อมูล แบบจำลองบางแบบยังประสิทธิภาพต่ำในคลาสที่มีจำนวนข้อมูลน้อย หรือมีลักษณะแตกต่างกันมาก เช่น Falling Right หรือ Falling Backward จึงแนะนำให้ใช้เทคนิคอย่างการถ่วงน้ำหนักคลาส (Class Weighting) หรือ Oversampling เพื่อแก้ปัญหาความไม่สมดุลของข้อมูลจำนวนชุดข้อมูลวิดีโอในแต่ละประเภทไม่สมดุล

2) ทดสอบแบบจำลองอื่น ๆ เพิ่มเติมที่มีความลึกหรือน้ำหนักเบากว่าเดิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและรองรับการใช้งานจริงในระบบ Real-time เช่น MobileNet, EfficientNet หรือแบบจำลองแบบ Lightweight CNN ที่ใช้ทรัพยากรน้อยแต่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียง เพื่อให้สามารถทำงานได้ในอุปกรณ์ฝังตัว (Embedded Systems)

3) การรวมแบบจำลอง (Ensemble) เพื่อเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้จากความหลากหลายของท่าทาง และลดความผันผวนของผลลัพธ์ในการใช้งานจริง

4) การเพิ่มการจำแนกประเภทกิจกรรมในชีวิตประจำวันให้กับแบบจำลอง เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานจริง

รายการอ้างอิง

- บุญธรรม ภัทราจารุกุล. 2556. การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น. ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- วิชัย เอกพลากร. (บก.). (2557) รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 พ.ศ.2557,นนทบุรี:สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข
- Aggarwal, C. (2018). Neural Networks and Deep Learning: A Textbook.
- Anishchenko, L. (2018). Machine learning in video surveillance for fall detection.2018 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT).
- Asturiano, C. (2019). UP-Fall Detection Dataset: A Multimodal Approach. Sensors Basel, Switzerland), 19(9), 1988. Doi: 10.3390/s19091988
- Auvinet, E., C. Rougier, J. Meunier, A. St-Arnaud and J. Rousseau (2011). "Multiple cameras fall data set."
- C. A. Q. Bugarin, J. M. M. Lopez, S. G. M. Pineda, M. F. C. Sambrano and P. J. M. Loresco, "Machine Vision-Based Fall Detection System using MediaPipe Pose with IoT Monitoring and Alarm," 2022 IEEE 10th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), Hyderabad, India, 2022, pp. 269-274, doi:10.1109/R10-HTC54060.2022.9929527.
- Chen, Y., Kong, X., Meng, L., & Tomiyama, H. (2020). An Edge Computing Based Fall Detection System for Elderly Persons. Procedia Computer Science, 174, 9-14. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.049
- Chua, J.-L., Y. C. Chang and W. K. Lim (2015). "A simple vision-based fall detection technique for indoor video surveillance." Signal, Image and Video Processing 9(3): 623-633.

- DEGOEDE K. M., ASHTON-MILLER J. A., SCHULTZ A. B. Fall-related upper body injuries in the older adult: a review of the biomechanical issues, *Biomechanics* 2003: 1043-1053.
- De Miguel, K., A. Brunete, M. Hernando and E. Gambao (2017). "Home Camera-Based Fall Detection System for the Elderly." *Sensors* (14248220) 17(12): 2864.
- Espinosa, R., H. Ponce, S. Gutiérrez, L. Martínez-Villaseñor, J. Brieva and E. Moya-Albor (2019). "A vision-based approach for fall detection using multiple cameras and convolutional neural networks: A case study using the UP-Fall detection dataset." *Computers in Biology and Medicine* 115.
- G. Sun and Z. Wang, "Fall detection algorithm for the elderly based on human posture estimation," 2020 Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC), Dalian, China, 2020, pp. 172-176, doi: 10.1109/IPEC49694.2020.9114962.
- Guerrero, J. C. E., E. M. España, M. M. Añasco and J. E. P. Lopera (2022). "Dataset for human fall recognition in an uncontrolled environment." *Data in Brief* 45: 108610.
- H. Ramirez, S. A. Velastin, I. Meza, E. Fabregas, D. Makris and G. Farias, "Fall Detection and Activity Recognition Using Human Skeleton Features," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 33532-33542, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3061626.
- Kim, Jong-Wook, Jin-Young Choi, Eun-Ju Ha, and Jae-Ho Choi. 2023. "Human Pose Estimation Using MediaPipe Pose and Optimization Method Based on a Humanoid Model" *Applied Sciences* 13, no. 4: 2700. <https://doi.org/10.3390/app13042700>
- Leu, F.-Y., C.-Y. Ko, Y.-C. Lin, H. Susanto and H.-C. Yu (2017). Chapter 10 - Fall Detection and Motion Classification by Using Decision Tree on Mobile Phone. *Smart Sensors Networks*. F. Xhafa, F.-Y. Leu and L.-L. Hung, Academic Press: 205-237.
- Martínez-Villaseñor, L., H. Ponce, J. Brieva, E. Moya-Albor, J. Núñez-Martínez and C. Peñafort-Asturiano (2019). "UP-Fall Detection Dataset: A Multimodal Approach." *Sensors* (Basel, Switzerland) 19(9): 1988.

MediaPipe Pose. Available online:

<https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose.html> (accessed on 28 March 2022).

SFU-TIPS Research Lab. (2022, January 17) E loss of support1 SFU TIPS [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=JpjY2o5qUv8>

SFU-TIPS Research Lab. (2022, January 17) D trip2 SFU TIPS [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=JpjY2o5qUv8>

SFU-TIPS Research Lab. (2022, January 17) A incorrect shifting1 SFU TIPS [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=GJICIRC4hkQ>

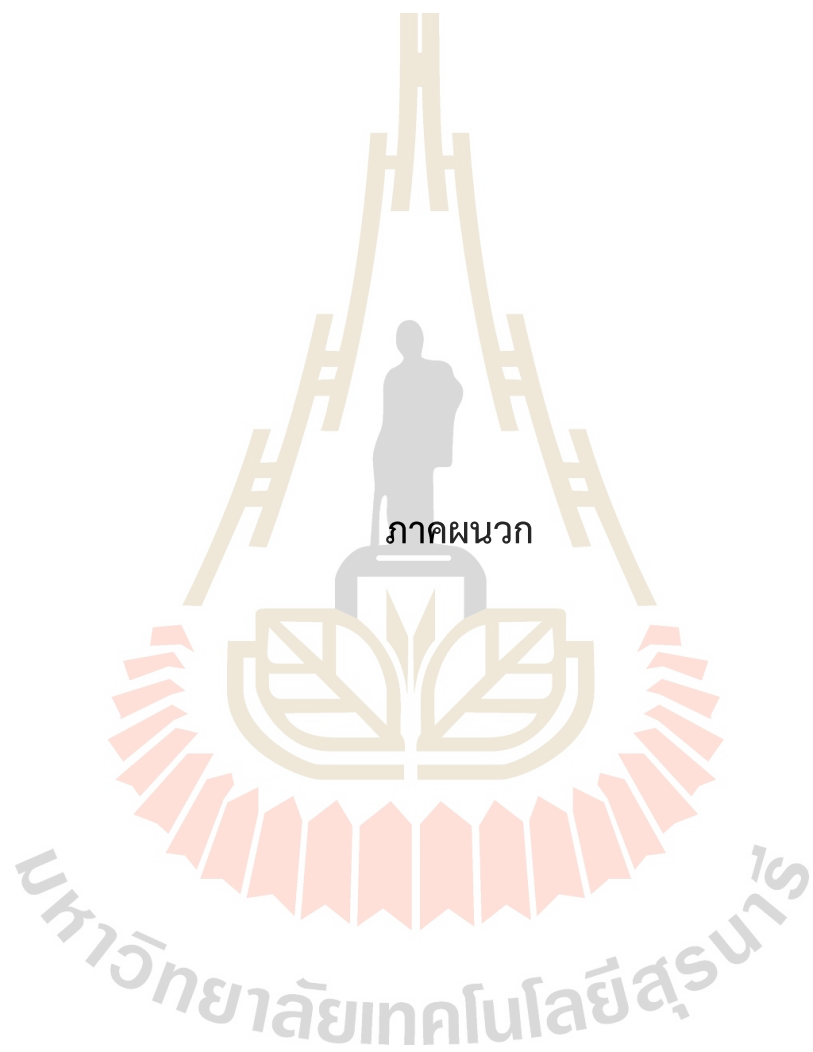
SFU-TIPS Research Lab. (2022, January 17) C trip1 SFU TIPS [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Big7Mq7mCTM>

SFU-TIPS Research Lab. (2022, January 17) B incorrect shifting3 SFU TIPS [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-Bh0o1ifYjY>

Shu, F., & Shu, J. (2021). An eight-camera fall detection system using human fall pattern recognition via machine learning by a low-cost android box. *Scientific Reports*, 11, 2471. doi:10.1038/s41598-021-81115-9

Xu, T., Y. Zhou, and J. Zhu, New Advances and Challenges of Fall Detection Systems: A Survey. *Applied Sciences*, 2018. 8(3).

Z. Huang, Y. Liu, Y. Fang and B. K. P. Horn, "Video-based Fall Detection for Seniors with Human Pose Estimation," 2018 4th International Conference on Universal Village (UV), Boston, MA, USA, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/UV.2018.8642130.





ภาคผนวก ก

ข้อมูลวิดีโอการสัมมนาที่ใช้ในการศึกษา

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมภาษาไพธอน Google Colab

และผลการทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลนอกขอบเขตการฝึกสอน

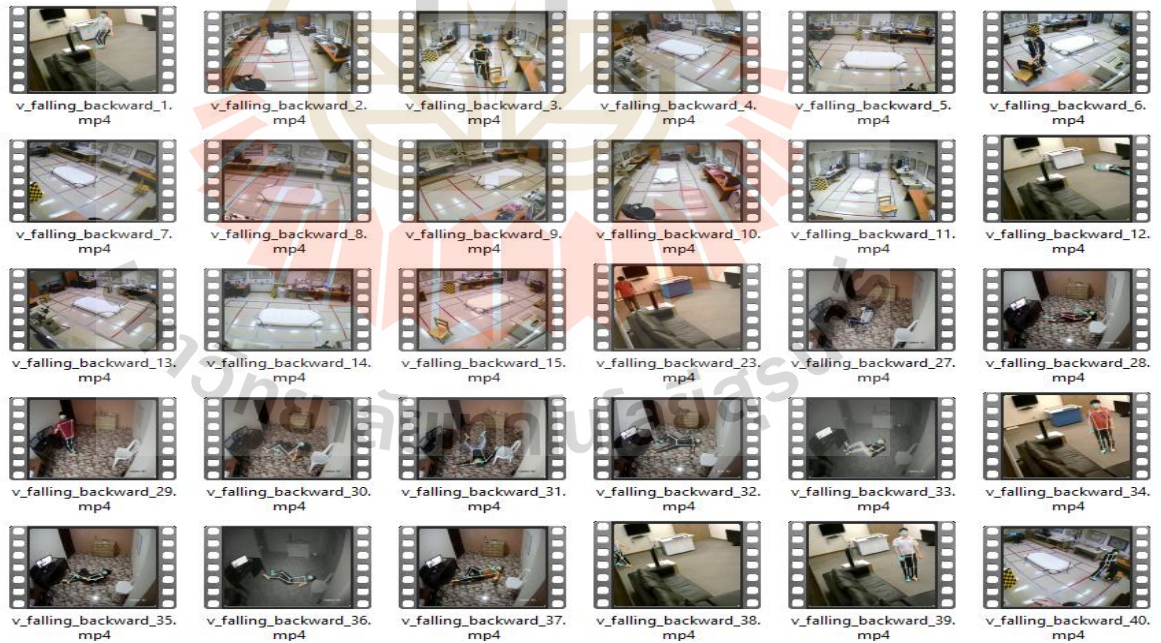
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

1. ตัวอย่างวิดีโอการล้มที่ใช้ในการศึกษา



วิดีโอจำลองการล้มไปข้างหลังแบบปกติ



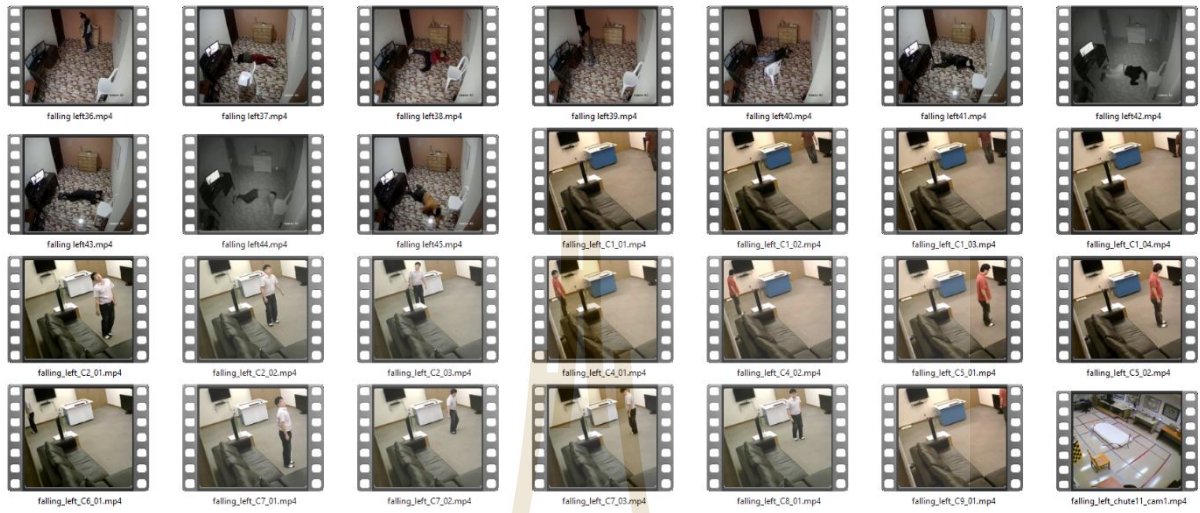
วิดีโอจำลองการล้มไปข้างหลังที่เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe



วิดีโอจำลองการล้มไปข้างหน้าแบบปกติ



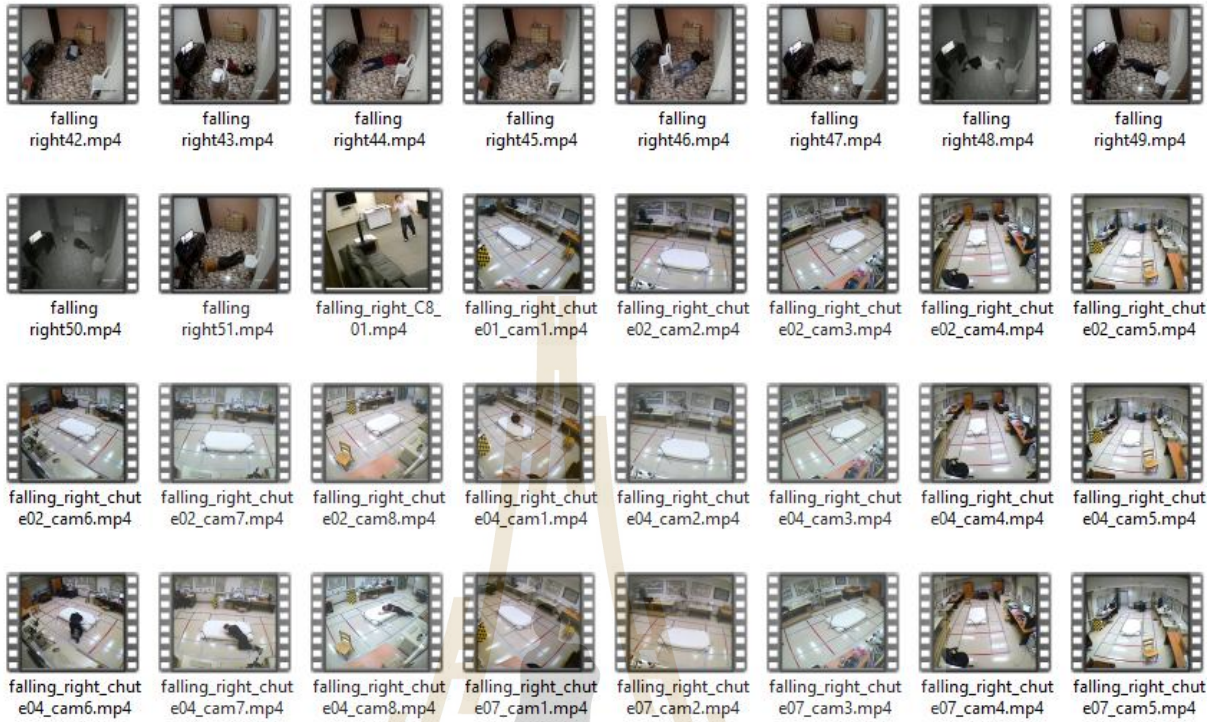
วิดีโอจำลองการล้มไปข้างหน้าที่เพิ่มการประมาทการทำทางด้วย MediaPipe



วิดีโอจำลองการล้มไปทางซ้ายแบบปกติ



วิดีโอจำลองการล้มไปทางซ้ายที่เพิ่มการประมาทการทำทางด้วย MediaPipe



วิดีโอจำลองการล้มไปทางขวาแบบปกติ



วิดีโอจำลองการล้มไปทางขวาที่เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe



วิถีโการเดินแบบปกติ



วิถีโการเดินแบบที่เพิ่มการประมาณการทำทางด้วย MediaPipe

2. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมภาษาไพธอน Google Colab

2.1 นำเข้าและกำหนดตัวแปรให้กับคำสั่งต่างๆ

```
import os
import cv2
import math
import pafy
import random
import numpy as np
import datetime as dt
import tensorflow as tf
import keras
#from moviepy.editor import *
from collections import deque
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline
import plotly.express as px
import plotly
import plotly.graph_objs as go
import plotly.figure_factory as ff
import seaborn as sn
from sklearn.datasets import make_circles
from sklearn.metrics import roc_curve, auc
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import confusion_matrix
from sklearn.metrics import classification_report

from sklearn.model_selection import train_test_split

from tensorflow.keras.layers import *
from tensorflow.keras.layers import Dense, Flatten
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.utils import to_categorical
from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
from tensorflow.keras.utils import plot_model
from sklearn.metrics import confusion_matrix
from collections import Counter
```

2.2 กำหนด seed เพื่อให้การทำซ้ำได้ผลเหมือนกัน (randomness control)

```
seed_constant = 23
np.random.seed(seed_constant)
random.seed(seed_constant)
tf.random.set_seed(seed_constant)
```

2.3 Mount Google Drive เพื่อเข้าถึงไฟล์ Dataset

```
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive/')
```

2.4 แยกไฟล์ .rar เพื่อเตรียมข้อมูลมาใช้ในการเทรนแบบจำลอง

```
!unrar x /content/drive/MyDrive/dataset/Testfall2.rar -inul -y
```

2.5 กำหนดขนาดภาพ, จำนวนสูงสุดของรูปต่อคลาสและกำหนดรายชื่อคลาส

```
image_height, image_width = 64, 64
max_images_per_class = 8000

dataset_directory = "/content/Testfall 1/Classfall"
classes_list =
["Falling Backward",
 "Falling Forward",
 "Falling left",
 "Falling right",
 "Walking"]

model_output_size = len(classes_list)
```

2.6 เตรียมข้อมูลสำหรับสร้างชุดข้อมูลฝึกสอน

```
def frames_extraction(video_path):
    frames_list = []
    video_reader = cv2.VideoCapture(video_path)
    while True:
        success, frame = video_reader.read()
        if not success:
            break

        resized_frame = cv2.resize(frame, (image_height, image_width))
        normalized_frame = resized_frame / 255
        frames_list.append(normalized_frame)

    video_reader.release()
    return frames_list
```

2.7 สร้างชุดข้อมูลฝึกสอน

```
def create_dataset():

    temp_features = []
    features = []
    labels = []

    for class_index, class_name in enumerate(classes_list):
        print(f'Extracting Data of Class: {class_name}')
        files_list = os.listdir(os.path.join(dataset_directory, class_name))

        for file_name in files_list:
            video_file_path = os.path.join(dataset_directory, class_name, file_name)
            frames = frames_extraction(video_file_path)
            temp_features.extend(frames)

        num_samples = min(max_images_per_class, len(temp_features))
        features.extend(random.sample(temp_features, num_samples))
        labels.extend([class_index] * num_samples)
        temp_features.clear()

    features = np.asarray(features)
    labels = np.array(labels)

    return features, labels
```

```
features, labels = create_dataset()
```

```
one_hot_encoded_labels = to_categorical(labels)
```

2.8 แบ่งชุดข้อมูล (Splitting Dataset) ออกเป็น ชุดฝึก (Train) และ ชุดทดสอบ (Test)

```
features_train, features_test, labels_train, labels_test =
train_test_split(features,
                 one_hot_encoded_labels,
                 test_size = 0.2,
                 shuffle = True,
                 random_state = seed_constant)
```

2.9 การสร้างแบบจำลอง

2.9.1 แบบจำลอง 2 เลเยอร์

```
def create_model():
    model = Sequential()
    model.add(Conv2D(filters = 64, kernel_size = (3, 3),
                    activation = 'relu',
                    input_shape = (image_height, image_width, 3)))
    model.add(Conv2D(filters = 64,
                    kernel_size = (3, 3),
                    activation = 'relu'))
    model.add(BatchNormalization())
    model.add(MaxPooling2D(pool_size = (2, 2)))
    model.add(GlobalAveragePooling2D())
    model.add(Dense(256, activation = 'relu'))
    model.add(BatchNormalization())
    model.add(Dense(model_output_size, activation = 'softmax'))

    model.summary()

    return model

model = create_model()
```

2.9.2 แบบจำลอง VGG

```
def create_model():
    base_model = VGG16(weights='imagenet',
                    include_top=False,
                    input_shape=(image_height, image_width, 3))

    for layer in base_model.layers:
        layer.trainable = False

    x = base_model.output
    x = GlobalAveragePooling2D()(x)
    x = Dense(4096, activation='relu')(x)
    x = Dense(4096, activation='relu')(x)
    x = BatchNormalization()(x)
    output = Dense(model_output_size, activation='softmax')(x)

    model = Model(inputs=base_model.input, outputs=output)

    model.summary()
    return model

model = create_model()
```

2.9.3 แบบจำลอง Resnet50

```
def create_model():
    imported_model = tf.keras.applications.ResNet50(
        include_top=False,
        input_shape=(64, 64, 3),
        weights='imagenet',
        pooling='avg'
    )

    imported_model.trainable = False

    model = Sequential()
    model.add(imported_model)
    model.add(Dense(512, activation='relu'))
    model.add(Dense(5, activation='softmax'))

    model.summary()
    return model

model = create_model()
```

2.10 การฝึกแบบจำลองให้เรียนรู้

```
early_stopping_callback = EarlyStopping(monitor = 'val_loss',
                                       patience = 15, mode = 'min',
                                       restore_best_weights = True)

model.compile(loss = 'categorical_crossentropy',
              optimizer = 'Adam',
              metrics = ['accuracy'])

model_training_history = model.fit(x = features_train,
                                   y = labels_train,
                                   epochs = 20,
                                   batch_size = 4,
                                   shuffle = True,
                                   validation_split = 0.2,
                                   callbacks = [early_stopping_callback])
```

2.11 การทดสอบส่งข้อความแจ้งเตือนการล้มกับข้อมูลนอกขอบเขตการฝึกสอน

2.11.1 การเรียกใช้แบบจำลอง

```

from google.colab.output import eval_js
from google.colab.patches import cv2_imshow
from base64 import b64decode
import cv2
import numpy as np
import requests
from tensorflow.keras.models import load_model
from collections import Counter
import mediapipe as mp
from IPython.display import clear_output
from tensorflow.keras.layers import InputLayer as _InputLayer
from tensorflow.keras.mixed_precision import Policy

class InputLayer(_InputLayer):
    @classmethod
    def from_config(cls, config):
        if 'batch_shape' in config:
            config['batch_input_shape'] = config.pop('batch_shape')
        return super().from_config(config)

model = load_model(
    '/content/Model_Date_Time_2025_04_26_18_46_36_Loss_0.3082340359687805_Accuracy_0.9061591625213623.h5'
,
    custom_objects={'InputLayer': InputLayer,
                    'DTypePolicy': Policy
                    },
    compile=False
)

class_labels = [
    'Falling Backward',
    'Falling Forward',
    'Falling left',
    'Falling right',
    'Walking']

```

2.11.2 การส่งข้อความแจ้งเตือน

```

JS_CAPTURE = """
async function capture() {
  const video = document.createElement('video');
  video.style.display = 'none';
  document.body.appendChild(video);
  const stream = await navigator.mediaDevices.getUserMedia({video:true});
  video.srcObject = stream;
  await video.play();
  const canvas = document.createElement('canvas');
  canvas.width = video.videoWidth; canvas.height = video.videoHeight;
  canvas.getContext('2d').drawImage(video, 0, 0);
  stream.getTracks().forEach(t=>t.stop());
  const data = canvas.toDataURL('image/jpeg', 0.8);
  document.body.removeChild(video);
  return data;
}
capture();
"""

def capture_frame():
    data_url = eval_js(JS_CAPTURE)
    header, encoded = data_url.split(',', 1)
    img_bytes = b64decode(encoded)
    arr = np.frombuffer(img_bytes, dtype=np.uint8)
    return cv2.imdecode(arr, cv2.IMREAD_COLOR)

webhook =
'https://chat.googleapis.com/v1/spaces/AAQAR0d30vU/messages?key=AIzaSyDdI0HCz1E6vysJ1m-WFRq3CPzqKqqsHI&token=GzDQ_bytEytSN3D47dxEhEmdE5KcCwou0mc_hL1d8vo'

print("🔴 เริ่มทำนายจากกล้อง: รอ capture สักครู่...\nกดปุ่ม Stop บน Colab เพื่อจบแล้วสรุปผล")

```

2.11.3 การเรียกใช้งานกล้องเพื่อทดสอบแบบจำลอง

```

try:
    while True:
        frame = capture_frame()
        rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
        results = pose.process(rgb)
        if results.pose_landmarks:
            mp_drawing.draw_landmarks(
                frame,
                results.pose_landmarks,
                mp_pose.POSE_CONNECTIONS,
                landmark_drawing_spec=mp_styles.get_default_pose_landmarks_style())
            img = cv2.resize(frame, (64,64))
            img = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
            img = img.astype('float32') / 255.0
            x = np.expand_dims(img, 0)
            pred = model.predict(x, verbose=0)
            idx = np.argmax(pred, axis=1)[0]
            name = class_labels[idx]
            predictions.append(name)

            if name.startswith('Falling'):
                alert = f"⚠ Alert: Detected {name}!"
                requests.post(webhook, json={"text": alert})

            cv2.putText(frame, name, (10, 30),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (0, 255, 0), 2)
            clear_output(wait=True)
            cv2.imshow(frame)
except Exception:
    pass

```

3. ผลการทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลนอกขอบเขตการฝึกสอนแบบจำลอง

3.1 ผลการทดสอบแบบจำลองกับวิดีโอทดสอบที่ 1

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 1	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2 layer Ver. 1	2 layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0001	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0002	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0003	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0004	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0005	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0006	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 1	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2 layer Ver. 1	2 layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0007	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0008	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0009	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0010	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0011	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0012	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0013	FB	FF	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0014	FB	FF	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0015	FB	FF	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0016	FB	FF	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0017	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0018	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0019	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0020	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0021	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0022	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0023	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0024	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0025	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0026	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0027	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0028	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0029	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0030	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR

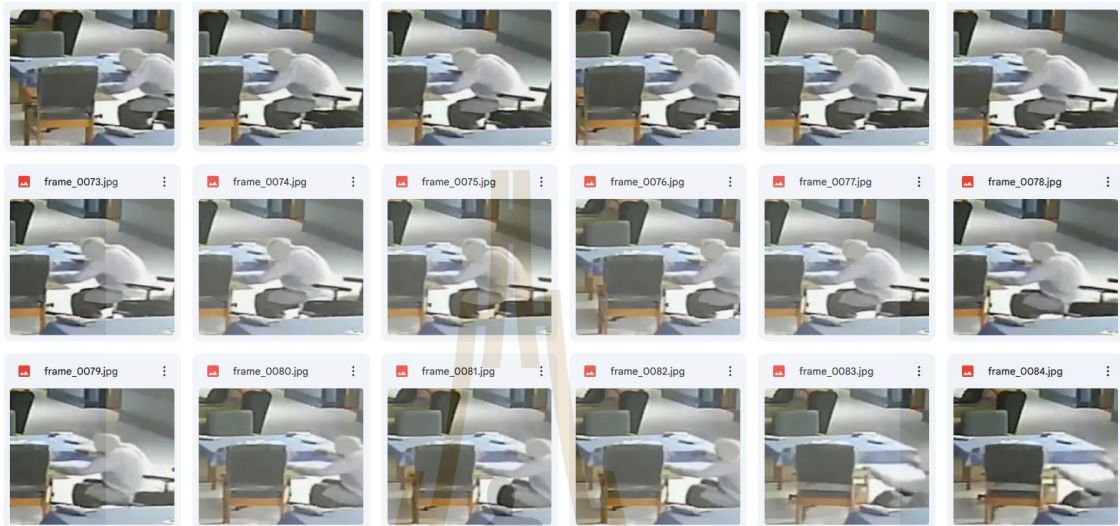
ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 1	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2 layer Ver. 1	2 layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0031	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0032	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0033	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0034	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0035	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0036	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0037	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0038	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0039	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0040	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0041	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0042	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0043	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0044	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0045	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0046	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0047	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0048	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0049	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0050	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0051	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0052	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0053	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0054	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 1	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2 layer Ver. 1	2 layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0055	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0056	FB	FB	FL	FF	FF	FR	FR
frame_0057	FB	FB	FL	FF	FF	FR	FR
frame_0058	FB	FB	FL	FF	FF	FR	FR
frame_0059	FB	FB	FL	FF	FF	FR	FR
frame_0060	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0061	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0062	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0063	FB	FB	FB	FF	FF	FB	FF
frame_0064	FB	WA	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0065	FB	WA	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0066	FB	FF	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0067	FB	FF	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0068	FB	FF	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0069	FB	FF	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0070	FB	FF	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0071	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0072	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0073	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0074	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0075	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0076	FB	FB	FL	FF	FF	FR	FR
frame_0077	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0078	FB	WA	FB	FF	FF	FB	FR

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 1	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2 layer Ver. 1	2 layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0079	FB	FF	FB	FF	FF	FB	FR
frame_0080	FB	WA	FB	FF	FF	FB	FF
frame_0081	FB	FB	FB	FF	FF	FB	FF
frame_0082	FB	WA	FB	FF	FF	FB	FF
frame_0083	FB	FF	FB	FF	FF	FB	FB
frame_0084	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0085	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0086	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0087	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0088	FB	FB	FB	FF	FF	FB	FR
frame_0089	FB	FB	FB	FF	FF	FB	FR
frame_0090	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0091	FB	WA	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0092	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0093	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0094	FB	FB	FL	FF	FF	FR	FF
frame_0095	FB	FB	FL	FF	FF	FR	FF
frame_0096	FB	FB	FL	FF	FF	FR	FL
frame_0097	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0098	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0099	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0100	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0101	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0102	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 1	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2 layer Ver. 1	2 layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0103	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0104	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0105	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0106	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0107	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0108	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0109	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0110	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0111	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0112	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0113	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0114	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0115	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0116	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0117	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0118	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
frame_0119	FB	FB	FB	FF	FF	FR	FB
จำนวนเฟรมที่ทำนายถูก		94	111	0	0	9	18
คิดเป็นร้อยละ		78.99	93.28	0.00	0.00	7.56	15.13

ภาพจากวิดีโอทดสอบที่ 1



3.2 ผลการทดสอบแบบจำลองกับวิดีโอทดสอบที่ 2

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 2	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer	2-layer	VGG	VGG	Resnet	Resnet 50
		Ver. 1	Ver. 2	Ver. 1	Ver. 2	50 Ver. 1	Ver. 2
frame_0001	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0002	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0003	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0004	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0005	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0006	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0007	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0008	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0009	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0010	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0011	WA	WA	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0012	WA	WA	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0013	WA	WA	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0014	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0015	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA

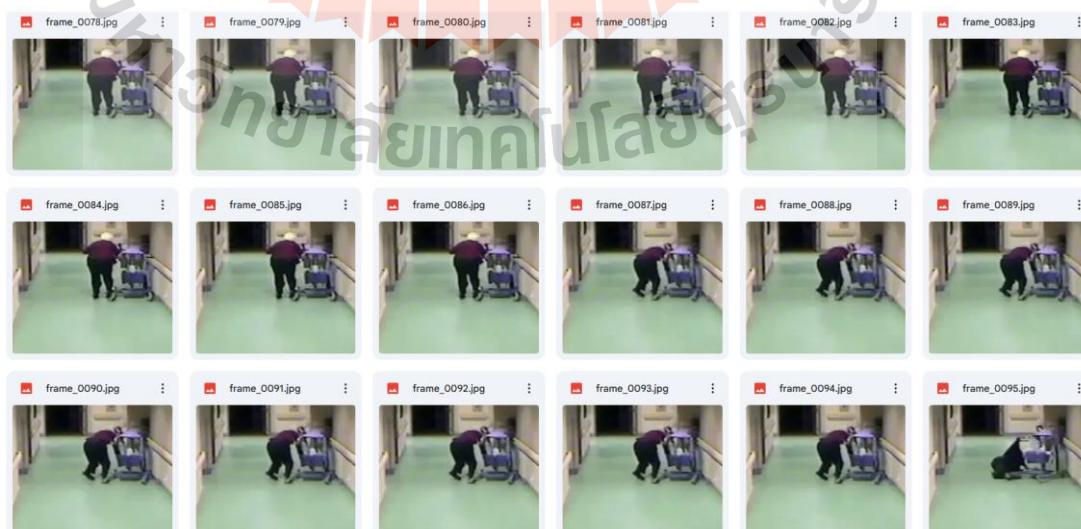
ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 2	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0016	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0017	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0018	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0019	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0020	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0021	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0022	WA	FB	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0023	WA	FB	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0024	WA	FB	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0025	WA	FB	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0026	WA	FB	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0027	WA	FB	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0028	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0029	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0030	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0031	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0032	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0033	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0034	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0035	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0036	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0037	WA	FF	FF	FL	FF	WA	WA
frame_0038	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0039	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0040	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0041	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0042	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0043	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0044	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0045	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0046	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 2	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0047	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0048	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0049	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0050	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0051	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0052	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0053	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0054	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0055	WA	FF	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0056	WA	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0057	WA	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0058	WA	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0059	WA	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0060	WA	WA	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0061	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0062	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0063	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0064	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0065	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0066	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0067	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0068	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0069	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0070	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0071	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0072	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0073	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0074	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0075	WA	WA	FF	FL	FB	WA	WA
frame_0076	WA	WA	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0077	FF	FF	FB	FL	FB	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 2	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0078	FF	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0079	FF	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0080	FF	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0081	FF	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0082	FF	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0083	FF	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0084	FF	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0085	FF	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0086	FF	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0087	FL	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0088	FL	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0089	FL	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0090	FL	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0091	FL	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0092	FL	FF	FL	FL	FB	WA	WA
frame_0093	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0094	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0095	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0096	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0097	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0098	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0099	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0100	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0101	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0102	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0103	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0104	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0105	FL	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0106	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0107	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0108	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 2	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0109	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0110	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0111	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0112	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0113	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0114	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0115	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0116	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0117	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0118	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0119	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0120	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0121	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0122	FB	FF	FB	FL	FB	WA	WA
จำนวนเฟรมที่ทำนายถูก		55	23	19	17	76	76
คิดเป็นร้อยละ		45.08	19.33	15.97	14.29	63.87	63.87

ภาพจากวิดีโอทดสอบที่ 2



3.3 ผลการทดสอบแบบจำลองกับวิดีโอทดสอบที่ 3

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 3	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0001	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0002	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0003	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0004	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0005	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0006	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0007	WA	FB	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0008	WA	FB	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0009	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0010	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0011	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0012	WA	FB	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0013	WA	FB	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0014	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0015	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0016	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0017	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0018	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0019	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0020	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0021	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0022	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0023	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0024	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0025	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0026	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF

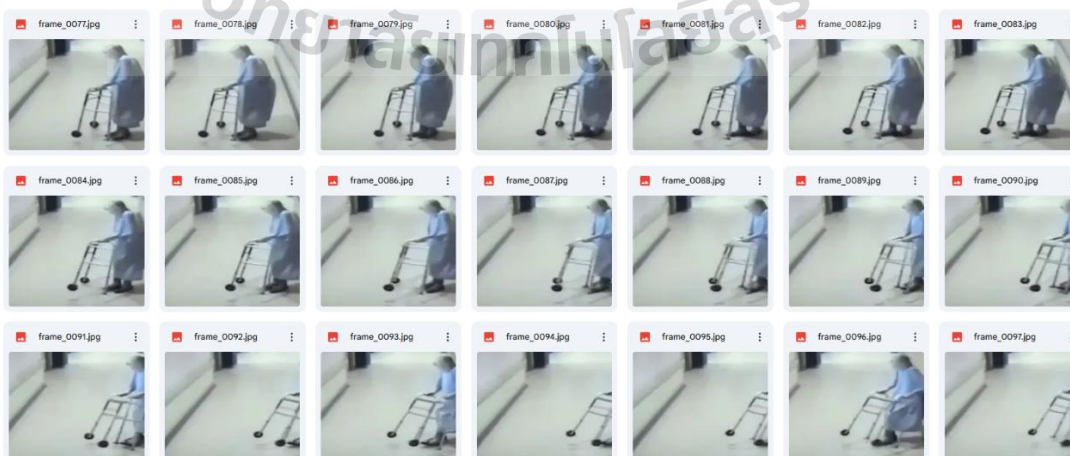
ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 3	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0027	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0028	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0029	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0030	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0031	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0032	WA	FL	FB	WA	FB	FR	FF
frame_0033	WA	FL	FB	WA	FB	FR	FF
frame_0034	WA	FL	FB	WA	FB	FR	FF
frame_0035	WA	FB	FB	WA	FB	FR	FF
frame_0036	WA	FF	FB	WA	WA	FR	FF
frame_0037	WA	FF	FL	WA	WA	FR	FF
frame_0038	WA	FF	FL	WA	WA	FR	FF
frame_0039	WA	FF	FL	WA	WA	FR	FF
frame_0040	WA	FF	FL	WA	WA	FR	FF
frame_0041	WA	FF	FL	WA	WA	FR	FF
frame_0042	WA	FL	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0043	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FF
frame_0044	WA	FF	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0045	WA	FL	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0046	WA	FL	FB	FF	WA	FR	FF
frame_0047	WA	FL	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0048	WA	FL	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0049	WA	FL	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0050	WA	FF	FB	FF	WA	FR	FF
frame_0051	WA	FL	FB	WA	WA	FR	FF
frame_0052	WA	FF	FB	WA	WA	FR	FF
frame_0053	WA	FL	FL	WA	WA	FR	FF

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 3	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0054	WA	FF	FL	WA	FB	FR	FR
frame_0055	WA	FL	FL	WA	FF	FR	FR
frame_0056	WA	FL	FL	WA	FF	FR	WA
frame_0057	WA	FL	FL	WA	FF	FR	FR
frame_0058	WA	FL	FL	WA	FF	FR	FF
frame_0059	WA	FL	FL	WA	FF	FR	FF
frame_0060	WA	FL	FL	WA	FF	FR	FR
frame_0061	WA	FF	FL	WA	FF	FR	FR
frame_0062	WA	FF	FL	WA	FF	FR	FR
frame_0063	WA	FF	FL	WA	FF	FR	FR
frame_0064	WA	FF	FB	WA	FF	FR	FR
frame_0065	WA	FF	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0066	WA	FF	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0067	WA	FL	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0068	FB	FL	FB	FF	FB	FR	FR
frame_0069	FB	FF	FL	FF	FB	FR	FR
frame_0070	FB	FL	FL	FF	FF	FR	FR
frame_0071	FB	FF	FL	FF	FF	FR	FR
frame_0072	FB	FF	FB	FF	FF	FR	WA
frame_0073	FB	FF	FB	FF	FF	FR	WA
frame_0074	FB	FF	FB	FF	FF	FR	WA
frame_0075	FB	FF	FB	FF	FB	FR	WA
frame_0076	FB	FF	FB	FF	FB	FR	WA
frame_0077	FB	FL	FB	FF	FB	FR	WA
frame_0078	FB	FL	FB	FF	FB	FR	WA
frame_0079	FB	FF	FB	FF	FB	FR	WA
frame_0080	FB	FF	FB	FF	FB	FR	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 3	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0081	FB	FF	FB	FF	FB	FR	WA
frame_0082	FB	FF	FB	FF	FB	FR	FR
frame_0083	FB	FB	FB	FF	FB	FR	FR
frame_0084	FB	FF	FB	FF	FB	FR	WA
frame_0085	FB	FF	FB	FR	FB	FR	WA
frame_0086	FB	FF	FB	FR	FB	FR	WA
frame_0087	FB	FF	FB	FR	FB	FR	FR
frame_0088	FB	FF	FB	FR	FB	FR	FR
frame_0089	FB	FF	FB	FR	FB	FR	FR
frame_0090	FB	FF	FB	FR	FB	FB	FR
frame_0091	FB	FL	FB	FR	FB	FB	FR
frame_0092	FB	FF	FB	FR	FB	FB	FR
frame_0093	FB	FF	FB	FR	FB	FB	FR
frame_0094	FB	FF	FB	FR	FB	WA	FR
frame_0095	FB	FF	FB	FR	FB	FB	FR
frame_0096	FB	FF	FB	FR	FL	WA	FR
frame_0097	FB	FL	FB	FR	FB	WA	FR
frame_0098	FB	FL	FB	FR	FB	FB	FR
frame_0099	FB	FL	FB	FR	FB	FB	FR
frame_0100	FB	FL	FB	FR	FL	WA	FR
frame_0101	FR	FF	FB	FR	FL	WA	FR
frame_0102	FR	FF	FB	FF	FB	FB	FR
frame_0103	FR	FF	FB	FF	FL	WA	FR
frame_0104	FR	FF	FB	FR	FL	FR	FR
frame_0105	FR	FF	FB	FR	FL	FR	FR
frame_0106	FR	FF	FB	FR	FL	FR	FR
frame_0107	FR	FF	FB	FR	FL	FR	FR

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 3	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0108	FR	FF	FB	FR	FL	FR	FR
frame_0109	FR	FF	FB	FR	FL	FR	FR
frame_0110	FR	FF	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0111	FR	FF	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0112	FR	FF	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0113	FR	FL	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0114	FR	FL	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0115	FR	FL	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0116	FR	FL	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0117	FR	FF	FB	FL	FL	FB	FR
frame_0118	FR	FL	FB	FR	FL	FB	FR
frame_0119	FR	FL	FB	FR	FL	FB	FR
frame_0120	FR	FL	FB	FR	FL	FB	FR
frame_0121	FR	FL	FB	FR	FL	FF	FR
frame_0122	FR	FF	FB	FR	FL	FF	FR
frame_0123	FR	FL	FB	FR	FL	FF	FF
จำนวนเฟรมที่ทำนายถูก		1	30	70	37	20	23
คิดเป็นร้อยละ		0.81	24.39	56.91	30.08	16.26	18.70

ภาพจากวิดีโอทดสอบที่ 3



3.4 ผลการทดสอบแบบจำลองกับวิดีโอทดสอบที่ 4

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0001	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0002	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0003	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0004	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0005	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0006	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0007	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0008	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0009	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0010	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0011	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0012	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0013	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0014	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0015	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0016	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0017	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0018	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0019	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0020	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0021	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0022	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0023	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0024	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0025	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0026	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0027	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0028	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0029	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0030	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0031	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0032	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0033	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0034	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0035	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0036	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0037	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0038	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0039	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0040	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0041	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0042	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0043	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0044	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0045	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0046	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0047	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0048	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0049	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0050	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0051	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0052	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0053	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0054	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0055	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0056	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0057	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0058	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0059	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0060	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0061	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0062	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0063	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0064	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0065	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0066	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0067	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0068	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0069	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0070	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0071	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0072	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0073	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0074	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0075	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0076	WA	FF	FF	FR	FF	WA	WA
frame_0077	WA	FF	FF	FR	FF	WA	WA
frame_0078	WA	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0079	WA	FF	FF	FB	FL	WA	WA
frame_0080	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0081	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0082	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0083	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0084	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0085	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0086	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0087	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0088	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0089	WA	FF	FB	FR	FB	WA	WA
frame_0090	WA	FF	FB	FR	FB	WA	WA
frame_0091	WA	FF	FB	FR	FB	WA	WA
frame_0092	WA	FF	FB	FR	FB	WA	WA
frame_0093	WA	FF	FB	FR	FB	WA	WA
frame_0094	WA	FF	FF	FB	FB	WA	WA
frame_0095	WA	FF	FF	FB	FB	WA	WA
frame_0096	WA	FF	FB	FB	FB	WA	WA
frame_0097	WA	FF	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0098	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0099	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0100	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0101	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0102	WA	FF	FF	FB	FL	WA	WA
frame_0103	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0104	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0105	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0106	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0107	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0108	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0109	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0110	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0111	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0112	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0113	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0114	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0115	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0116	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0117	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0118	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0119	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0120	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0121	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0122	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0123	WA	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0124	WA	FF	FF	FR	FF	WA	WA
frame_0125	WA	FF	FF	FR	FF	WA	WA
frame_0126	WA	FF	FF	FR	FL	WA	WA
frame_0127	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0128	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0129	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0130	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0131	WA	FB	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0132	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0133	WA	FF	FB	FR	FB	WA	WA
frame_0134	WA	FF	FB	FR	FB	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0135	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0136	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0137	WA	FF	FB	FR	FB	WA	WA
frame_0138	WA	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0139	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0140	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0141	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0142	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0143	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0144	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0145	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0146	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0147	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0148	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0149	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0150	WA	FF	FB	FF	FF	WA	WA
frame_0151	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0152	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0153	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0154	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0155	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0156	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0157	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0158	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0159	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0160	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0161	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0162	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0163	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0164	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0165	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0166	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0167	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0168	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0169	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0170	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0171	WA	FF	FB	FF	FL	WA	WA
frame_0172	WA	FF	FB	FF	FL	WA	WA
frame_0173	WA	FF	FB	FF	FL	WA	WA
frame_0174	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0175	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0176	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0177	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0178	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0179	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0180	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0181	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0182	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0183	WA	FB	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0184	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0185	WA	FB	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0186	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0187	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0188	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0189	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0190	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0191	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0192	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0193	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0194	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0195	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0196	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0197	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0198	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0199	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0200	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0201	WA	FF	FF	FF	FL	WA	WA
frame_0202	WA	FF	FF	FF	FL	WA	WA
frame_0203	WA	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0204	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0205	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0206	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0207	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0208	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0209	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0210	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0211	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0212	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0213	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0214	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0215	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0216	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0217	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0218	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0219	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0220	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0221	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0222	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0223	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0224	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0225	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0226	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0227	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0228	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0229	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0230	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0231	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0232	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0233	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0234	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0235	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0236	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0237	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0238	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0239	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0240	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0241	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0242	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0243	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0244	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0245	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0246	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0247	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0248	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0249	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0250	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0251	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0252	WA	FF	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0253	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0254	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0255	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0256	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0257	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0258	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0259	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0260	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0261	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0262	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0263	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0264	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0265	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0266	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0267	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0268	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0269	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0270	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0271	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0272	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0273	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0274	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0275	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0276	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0277	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0278	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0279	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0280	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0281	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0282	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0283	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0284	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0285	WA	FF	FB	FB	FL	WA	WA
frame_0286	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0287	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0288	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0289	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0290	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0291	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0292	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0293	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0294	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0295	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0296	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0297	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0298	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0299	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0300	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0301	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0302	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0303	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0304	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0305	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0306	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0307	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0308	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0309	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0310	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0311	WA	FF	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0312	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0313	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0314	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0315	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0316	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0317	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0318	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0319	WA	FF	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0320	WA	FF	FB	WA	FF	WA	WA
frame_0321	WA	FF	FB	WA	FF	WA	WA
frame_0322	WA	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0323	WA	FF	FB	WA	FF	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0324	WA	FF	FB	WA	FF	WA	WA
frame_0325	WA	FF	FB	WA	FF	WA	WA
frame_0326	WA	FF	FB	WA	FF	WA	WA
frame_0327	FR	FF	FB	WA	FF	WA	WA
frame_0328	FR	FF	FB	WA	FF	WA	WA
frame_0329	FR	FF	FB	WA	FF	WA	WA
frame_0330	FR	FF	FB	FB	FB	WA	WA
frame_0331	FR	FF	FB	FB	FB	WA	WA
frame_0332	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0333	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0334	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0335	FR	FF	FL	FR	FF	WA	WA
frame_0336	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0337	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0338	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0339	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0340	FR	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0341	FR	FF	FB	FL	FF	WA	WA
frame_0342	FR	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0343	FR	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0344	FR	FF	FB	FB	FF	WA	WA
frame_0345	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0346	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0347	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0348	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0349	FR	FF	FB	FR	FF	WA	WA
frame_0350	FR	FF	FL	FB	FF	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 4	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0351	FR	FF	FL	FB	FF	WA	WA
frame_0352	FR	FF	FL	FB	FF	WA	WA
frame_0353	FR	FF	FL	FB	FF	WA	WA
frame_0354	FR	FF	FL	FB	FF	WA	WA
frame_0355	FR	FF	FL	FB	FF	WA	WA
frame_0356	FR	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0357	FR	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0358	FR	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0359	FR	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0360	FB	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0361	FB	FF	FF	FR	FF	WA	WA
frame_0362	FB	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0363	FB	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0364	FB	FF	FF	FB	FF	WA	WA
frame_0365	FB	FF	FF	FF	FF	WA	WA
จำนวนเฟรมที่ทำนายถูก		0	0	35	0	326	326
คิดเป็นร้อยละ		0.00	0.00	9.59	0.00	89.32	89.32

ภาพจากวิดีโอทดสอบที่ 4



3.5 ผลการทดสอบแบบจำลองกับวิดีโอทดสอบที่ 5

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 5	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0001	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0002	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0003	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0004	WA	WA	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0005	WA	WA	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0006	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0007	WA	WA	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0008	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0009	WA	WA	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0010	WA	FB	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0011	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0012	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0013	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0014	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0015	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0016	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0017	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0018	WA	FB	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0019	WA	WA	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0020	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0021	WA	FB	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0022	WA	FB	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0023	WA	FB	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0024	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0025	WA	WA	FB	FF	FL	FF	FF
frame_0026	WA	WA	FB	FF	FL	FF	FF

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 5	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0027	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0028	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0029	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0030	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0031	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0032	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0033	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0034	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0035	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0036	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0037	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0038	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0039	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0040	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0041	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0042	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0043	WA	FB	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0044	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0045	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0046	WA	FL	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0047	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0048	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FF
frame_0049	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0050	WA	WA	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0051	WA	WA	FB	FL	FF	FF	FF
frame_0052	WA	WA	FB	FL	FF	FF	FR
frame_0053	WA	FL	FB	FL	FL	FF	FR

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 5	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0054	WA	WA	FB	FL	FL	FF	FR
frame_0055	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0056	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0057	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0058	WA	WA	FB	FL	FF	FR	FR
frame_0059	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0060	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0061	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0062	WA	WA	FL	FL	FF	FR	FR
frame_0063	WA	WA	FL	FL	FF	FR	FR
frame_0064	WA	WA	FL	FL	FL	FR	FR
frame_0065	WA	WA	FB	FL	FF	FR	FR
frame_0066	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0067	WA	FB	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0068	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0069	WA	FB	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0070	WA	FB	FL	FL	FL	FR	FR
frame_0071	WA	WA	FL	FL	FL	FR	FR
frame_0072	WA	FL	FL	FL	FL	FR	FR
frame_0073	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0074	WA	WA	FB	FF	FL	FR	FR
frame_0075	WA	WA	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0076	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0077	WA	WA	FB	FL	FF	FR	FR
frame_0078	WA	WA	FB	FL	FF	FR	FR
frame_0079	WA	FB	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0080	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FF

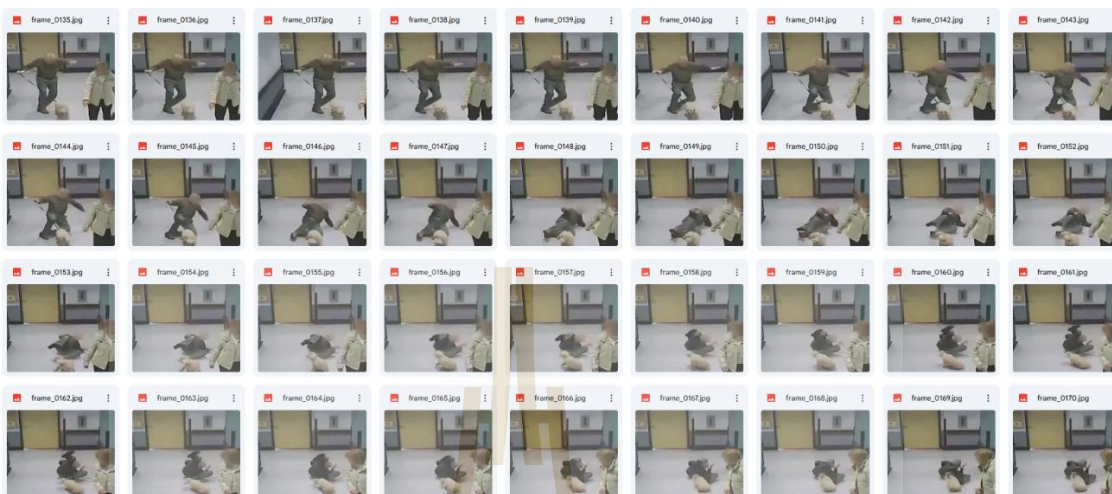
ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 5	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0081	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0082	WA	WA	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0083	WA	FL	FB	FL	FL	FR	FR
frame_0084	WA	WA	FB	FF	FF	FR	FR
frame_0085	WA	FB	FL	FF	FF	FR	FR
frame_0086	WA	WA	FL	FF	FB	FR	FR
frame_0087	WA	FB	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0088	WA	FB	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0089	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0090	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0091	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0092	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0093	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0094	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0095	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0096	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0097	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0098	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0099	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0100	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0101	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0102	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0103	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0104	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0105	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0106	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0107	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 5	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0108	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0109	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0110	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0111	WA	WA	FB	FB	FB	FR	FR
frame_0112	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0113	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0114	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0115	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0116	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0117	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0118	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0119	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0120	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0121	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0122	WA	WA	FL	FB	FB	FR	FR
frame_0123	WA	FB	FL	FF	FB	FR	FR
frame_0124	WA	FB	FL	FF	FB	FR	FR
frame_0125	WA	WA	FL	FF	FB	FR	FF
frame_0126	WA	WA	FB	FF	FB	FR	FF
frame_0127	WA	WA	FL	FF	FB	FR	FR
frame_0128	WA	WA	FB	FF	FB	FR	FR
frame_0129	WA	WA	FB	FF	FB	FR	FR
frame_0130	WA	WA	FB	FF	FB	FR	FR
frame_0131	FL	WA	FL	FF	FB	FR	FF
frame_0132	FL	WA	FL	FF	FB	FR	FF
frame_0133	FL	WA	FB	FF	FB	FR	FF
frame_0134	FL	WA	FB	FF	FB	FR	FF

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 5	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0135	FL	FL	FB	FF	FB	FR	FF
frame_0136	FL	WA	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0137	FL	WA	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0138	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0139	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0140	FL	FB	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0141	FL	WA	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0142	FL	FL	FB	FF	FB	FF	FF
frame_0143	FL	WA	FL	FF	FF	FF	FF
frame_0144	FL	WA	FL	FF	FF	FF	FF
frame_0145	FL	WA	FB	FF	FB	FF	FF
frame_0146	FL	FB	FB	FF	FB	FF	FF
frame_0147	FL	FB	FB	FF	FB	FF	FF
frame_0148	FL	FB	FL	FF	FF	FF	FF
frame_0149	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0150	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0151	FL	FB	FB	FF	FB	FF	FF
frame_0152	FL	FB	FB	FF	FB	FF	FF
frame_0153	FL	FL	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0154	FL	FL	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0155	FL	FB	FB	FF	FB	FF	FF
frame_0156	FL	FL	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0157	FL	FL	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0158	FL	FL	FL	FF	FB	FF	FF
frame_0159	FL	FL	FL	FR	FB	FF	FF
frame_0160	FL	FB	FL	FL	FB	FF	FF
frame_0161	FL	FB	FL	FL	FF	FF	FF

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 5	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0162	FL	FB	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0163	FL	FB	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0164	FL	FB	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0165	FL	FB	FB	FF	FF	FR	FF
frame_0166	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0167	FL	FB	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0168	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0169	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0170	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0171	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0172	FL	FL	FB	FF	FF	FF	FF
frame_0173	FL	FL	FB	FL	FB	FF	FF
frame_0174	FL	FL	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0175	FL	FL	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0176	FL	FL	FB	FL	FL	FF	FF
frame_0177	FL	FB	FB	FL	FL	FR	FF
frame_0178	FL	FL	FB	FL	FL	FR	FF
frame_0179	FL	FL	FB	FL	FL	FR	FF
frame_0180	FL	FB	FB	FR	FL	FR	FF]
จำนวนเฟรมที่ทำนายถูก		118	17	9	7	0	0
คิดเป็นร้อยละ		65.56	9.44	5.00	3.89	0.00	0.00

ภาพจากวิดีโอทดสอบที่ 5



3.6 ผลการทดสอบแบบจำลองกับวิดีโอทดสอบที่ 6

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer	2-layer	VGG	VGG	Resnet	Resnet
		Ver. 1	Ver. 2	Ver. 1	Ver. 2	50 Ver. 1	50 Ver. 2
frame_0001	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0002	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0003	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0004	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0005	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0006	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0007	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0008	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0009	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0010	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0011	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0012	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0013	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0014	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0015	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0016	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0017	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0018	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0019	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0020	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0021	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0022	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0023	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0024	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0025	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0026	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0027	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0028	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0029	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0030	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0031	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0032	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0033	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0034	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0035	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0036	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0037	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0038	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0039	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0040	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0041	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0042	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0043	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0044	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0045	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0046	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0047	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0048	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0049	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0050	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0051	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0052	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0053	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0054	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0055	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0056	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0057	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0058	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0059	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0060	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0061	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0062	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0063	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0064	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0065	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0066	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0067	WA	WA	WA	WA	WA	FL	WA
frame_0068	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0069	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0070	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0071	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0072	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0073	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0074	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0075	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0076	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0077	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0078	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0079	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0080	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0081	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0082	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0083	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0084	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0085	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0086	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0087	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0088	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0089	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0090	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0091	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0092	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0093	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0094	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0095	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0096	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0097	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0098	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0099	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0100	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0101	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0102	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0103	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0104	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0105	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0106	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0107	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0108	-	WA	FB	FR	FL	WA	WA
frame_0109	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0110	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0111	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0112	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0113	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0114	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0115	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0116	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0117	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0118	-	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0119	-	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0120	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0121	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0122	-	FB	FB	FL	FL	WA	FB
frame_0123	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0124	-	FB	FB	FL	FL	FL	FB
frame_0125	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0126	-	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0127	-	FB	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0128	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0129	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0130	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0131	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0132	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0133	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0134	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0135	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0136	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0137	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0138	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0139	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0140	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0141	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0142	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0143	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0144	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0145	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0146	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0147	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0148	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0149	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0150	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0151	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0152	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0153	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0154	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0155	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0156	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0157	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0158	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0159	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0160	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0161	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0162	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0163	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0164	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0165	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0166	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0167	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0168	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0169	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0170	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0171	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0172	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0173	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0174	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0175	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0176	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0177	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0178	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0179	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0180	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0181	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0182	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0183	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0184	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0185	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0186	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0187	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0188	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0189	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0190	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0191	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0192	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0193	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0194	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0195	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0196	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0197	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0198	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0199	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0200	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0201	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0202	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0203	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0204	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0205	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0206	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0207	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0208	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0209	-	WA	FB	FL	FL	FL	FL
frame_0210	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0211	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0212	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0213	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0214	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0215	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0216	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0217	-	WA	FB	FR	FL	FL	WA
frame_0218	-	FB	FB	WA	FL	FL	WA
frame_0219	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0220	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0221	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0222	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0223	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0224	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0225	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0226	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0227	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0228	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0229	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0230	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0231	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0232	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0233	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0234	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0235	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0236	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0237	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0238	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0239	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0240	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0241	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0242	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0243	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0244	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0245	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0246	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0247	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0248	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0249	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0250	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0251	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0252	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0253	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0254	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0255	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0256	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0257	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0258	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0259	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0260	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0261	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0262	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0263	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0264	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0265	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0266	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0267	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0268	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0269	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0270	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0271	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0272	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0273	WA	FB	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0274	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0275	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0276	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0277	WA	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0278	WA	FB	FB	FL	FL	FB	WA
frame_0279	WA	FB	FB	FL	FL	FB	FB
frame_0280	WA	WA	FB	FL	FL	FL	FB
frame_0281	WA	WA	FB	FL	FL	FL	FB
frame_0282	WA	FB	FB	FL	FL	FB	FB
frame_0283	WA	FB	FB	FL	FL	FB	FB
frame_0284	WA	FB	WA	FL	FL	WA	FB
frame_0285	WA	WA	FB	FL	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0286	WA	WA	FB	FL	WA	WA	WA
frame_0287	WA	WA	WA	FL	FL	WA	WA
frame_0288	WA	WA	WA	FL	FL	WA	WA
frame_0289	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0290	WA	WA	WA	FL	FL	WA	WA
frame_0291	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0292	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0293	WA	WA	WA	FL	FL	FL	WA
frame_0294	WA	WA	WA	FL	FL	FL	WA
frame_0295	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0296	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0297	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0298	WA	WA	FB	FL	WA	FL	WA
frame_0299	WA	WA	FB	FL	WA	FL	WA
frame_0300	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0301	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0302	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0303	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0304	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0305	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0306	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0307	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0308	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0309	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0310	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0311	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0312	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0313	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0314	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0315	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0316	WA	WA	FB	FL	WA	FL	WA
frame_0317	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0318	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0319	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0320	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0321	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0322	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0323	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0324	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0325	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0326	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0327	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0328	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0329	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0330	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0331	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0332	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0333	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0334	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0335	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0336	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0337	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0338	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0339	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0340	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0341	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0342	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0343	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0344	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0345	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0346	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0347	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0348	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0349	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0350	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0351	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0352	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0353	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0354	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0355	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0356	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0357	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0358	WA	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0359	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0360	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0361	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0362	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0363	WA	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0364	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0365	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0366	-	WA	FB	FL	WA	FL	WA

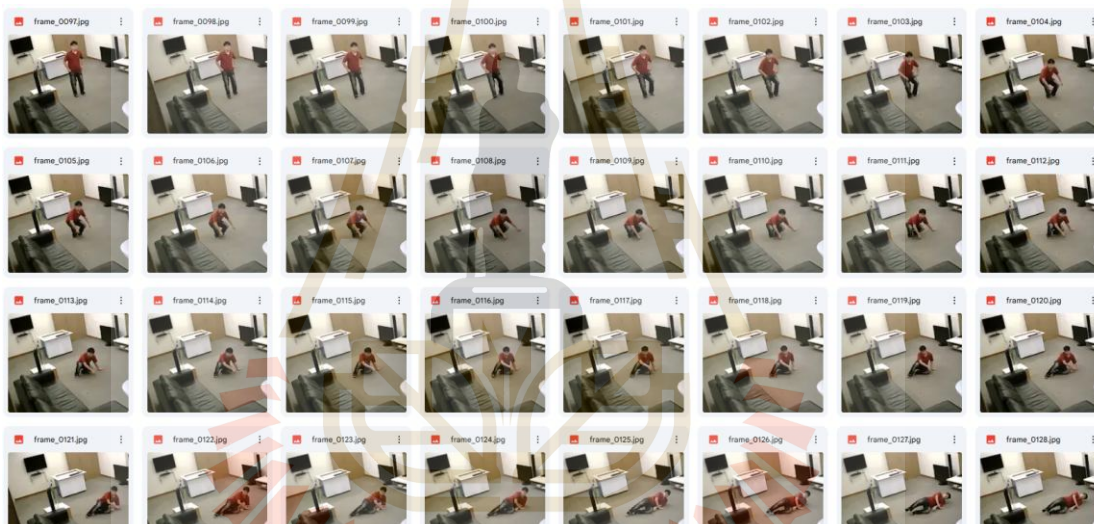
ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0367	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0368	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0369	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0370	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0371	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0372	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0373	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0374	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0375	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0376	-	FB	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0377	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0378	-	WA	FB	FL	FL	FL	WA
frame_0379	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0380	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0381	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0382	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0383	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0384	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0385	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0386	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0387	-	WA	FB	WA	FB	WA	WA
frame_0388	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0389	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0390	-	WA	FB	WA	FB	WA	WA
frame_0391	-	WA	FB	FL	FB	WA	FB
frame_0392	-	WA	FB	FL	FB	FB	FB
frame_0393	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0394	-	WA	FB	FL	FB	WA	WA
frame_0395	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0396	-	FB	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0397	-	WA	FB	FL	FL	WA	FB
frame_0398	-	FB	FB	FL	FL	FB	FB
frame_0399	-	FB	FB	FL	FL	FB	FB
frame_0400	-	WA	FB	FL	FL	FB	FB
frame_0401	-	WA	FB	FL	FL	FB	FB
frame_0402	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0403	-	WA	WA	FL	FL	WA	WA
frame_0404	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0405	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0406	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0407	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0408	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0409	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0410	-	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0411	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0412	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0413	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0414	WA	WA	WA	WA	FL	WA	WA
frame_0415	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0416	WA	WA	FB	FL	FL	WA	WA
frame_0417	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0418	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0419	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0420	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0421	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0422	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0423	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0424	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0425	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0426	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0427	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0428	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0429	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0430	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0431	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0432	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0433	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0434	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0435	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0436	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0437	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0438	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0439	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0440	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0441	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0442	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0443	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0444	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0445	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0446	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0447	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 6	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0448	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0449	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0450	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
จำนวนเฟรมที่ทำนายถูก		189	18	112	93	134	199
คิดเป็นร้อยละ		42.00	4.00	24.89	20.67	29.78	44.22

ภาพจากวิดีโอทดสอบที่ 6



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.6 ผลการทดสอบแบบจำลองกับวิดีโอทดสอบที่ 7

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0001	-	WA	FB	WA,	WA	WA	WA
frame_0002	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0003	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0004	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0005	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0006	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0007	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0008	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0009	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0010	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0011	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0012	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0013	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0014	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0015	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0016	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0017	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0018	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0019	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0020	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0021	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0022	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0023	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0024	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0025	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0026	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0027	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0028	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0029	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0030	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0031	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0032	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0033	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0034	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0035	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0036	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0037	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0038	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0039	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0040	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0041	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0042	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0043	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0044	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0045	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0046	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0047	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0048	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0049	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0050	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0051	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0052	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0053	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0054	WA	WA	WA	WA	FL	WA	WA
frame_0055	WA	WA	WA	WA	FL	WA	WA
frame_0056	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0057	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0058	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0059	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0060	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0061	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0062	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0063	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0064	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0065	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0066	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0067	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0068	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0069	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0070	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0071	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0072	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0073	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0074	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0075	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0076	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0077	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0078	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0079	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0080	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0081	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0082	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0083	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0084	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0085	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0086	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0087	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0088	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0089	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0090	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0091	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0092	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0093	WA	WA	WA	WA	FL	WA	WA
frame_0094	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0095	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0096	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0097	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0098	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0099	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0100	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0101	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0102	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0103	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0104	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0105	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0106	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0107	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0108	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0109	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0110	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0111	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0112	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0113	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0114	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0115	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0116	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0117	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0118	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0119	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0120	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0121	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0122	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0123	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0124	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0125	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0126	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0127	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0128	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0129	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0130	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0131	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0132	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0133	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0134	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0135	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0136	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0137	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0138	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0139	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0140	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0141	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0142	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0143	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0144	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0145	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0146	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0147	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0148	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0149	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0150	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0151	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0152	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0153	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0154	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0155	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0156	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0157	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0158	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0159	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0160	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0161	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0162	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0163	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0164	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0165	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0166	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0167	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0168	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0169	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0170	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0171	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0172	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0173	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0174	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0175	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0176	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0177	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0178	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0179	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0180	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0181	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0182	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0183	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0184	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0185	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0186	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0187	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0188	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0189	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0190	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0191	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0192	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0193	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0194	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0195	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0196	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0197	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0198	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0199	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0200	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0201	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0202	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0203	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0204	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0205	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0206	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0207	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0208	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0209	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0210	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0211	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0212	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0213	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0214	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0215	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0216	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0217	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0218	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0219	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0220	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0221	WA	WA	WA	WA	FL	WA	WA
frame_0222	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0223	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0224	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0225	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0226	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0227	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0228	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0229	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0230	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0231	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0232	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0233	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0234	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0235	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0236	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0237	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0238	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0239	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0240	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0241	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0242	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0243	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0244	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0245	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0246	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0247	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0248	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0249	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0250	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0251	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0252	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0253	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0254	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0255	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0256	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0257	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0258	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0259	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0260	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0261	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0262	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0263	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0264	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0265	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0266	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0267	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0268	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0269	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0270	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0271	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0272	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0273	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0274	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0275	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0276	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0277	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0278	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0279	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0280	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0281	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0282	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0283	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0284	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0285	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0286	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0287	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0288	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0289	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0290	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0291	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0292	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0293	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0294	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0295	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0296	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0297	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0298	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0299	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0300	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0301	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0302	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0303	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0304	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0305	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0306	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0307	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0308	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0309	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0310	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0311	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0312	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0313	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0314	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0315	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0316	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0317	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0318	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0319	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0320	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0321	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0322	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0323	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0324	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0325	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0326	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0327	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0328	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0329	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0330	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0331	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0332	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0333	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0334	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0335	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0336	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0337	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0338	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0339	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0340	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0341	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0342	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0343	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0344	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0345	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0346	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0347	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0348	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0349	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0350	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0351	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0352	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0353	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0354	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0355	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0356	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0357	-	FB	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0358	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0359	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0360	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0361	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0362	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0363	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0364	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0365	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0366	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0367	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0368	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0369	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0370	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0371	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0372	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0373	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0374	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0375	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0376	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0377	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0378	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0379	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0380	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0381	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0382	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0383	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0384	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0385	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0386	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0387	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0388	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0389	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0390	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0391	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0392	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0393	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0394	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0395	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0396	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0397	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0398	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0399	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0400	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0401	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0402	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0403	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0404	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0405	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0406	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0407	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0408	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0409	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0410	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0411	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0412	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0413	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0414	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0415	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0416	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0417	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0418	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0419	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0420	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0421	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0422	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0423	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0424	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0425	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0426	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0427	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0428	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0429	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0430	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0431	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0432	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0433	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0434	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0435	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0436	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0437	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0438	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0439	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0440	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0441	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0442	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0443	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0444	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0445	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0446	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0447	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0448	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0449	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0450	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0451	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0452	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0453	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0454	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0455	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0456	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0457	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0458	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0459	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0460	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0461	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0462	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0463	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0464	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0465	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0466	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0467	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0468	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0469	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0470	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0471	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0472	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0473	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0474	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0475	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0476	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0477	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0478	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0479	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0480	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0481	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0482	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0483	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0484	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0485	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0486	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0487	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0488	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0489	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0490	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0491	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0492	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0493	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0494	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0495	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0496	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0497	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0498	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0499	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0500	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0501	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0502	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0503	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0504	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0505	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0506	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0507	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0508	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0509	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0510	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0511	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0512	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0513	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0514	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0515	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0516	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0517	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0518	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0519	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0520	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0521	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0522	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0523	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0524	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0525	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0526	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0527	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0528	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0529	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0530	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0531	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0532	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0533	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0534	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0535	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0536	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0537	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0538	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0539	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0540	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0541	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0542	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0543	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0544	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0545	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0546	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0547	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0548	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0549	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0550	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0551	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0552	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0553	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0554	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0555	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0556	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0557	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0558	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0559	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0560	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0561	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0562	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0563	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0564	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0565	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0566	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0567	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0568	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0569	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0570	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0571	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0572	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0573	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0574	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0575	WA	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0576	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0577	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0578	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0579	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0580	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0581	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0582	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0583	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0584	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0585	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0586	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0587	-	WA	WA	WA	WA	FL	WA
frame_0588	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0589	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0590	-	WA	FB	WA	FL	WA	WA
frame_0591	-	WA	WA	WA	WA	WA	FL
frame_0592	-	WA	FB	WA	WA	WA	FL
frame_0593	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA

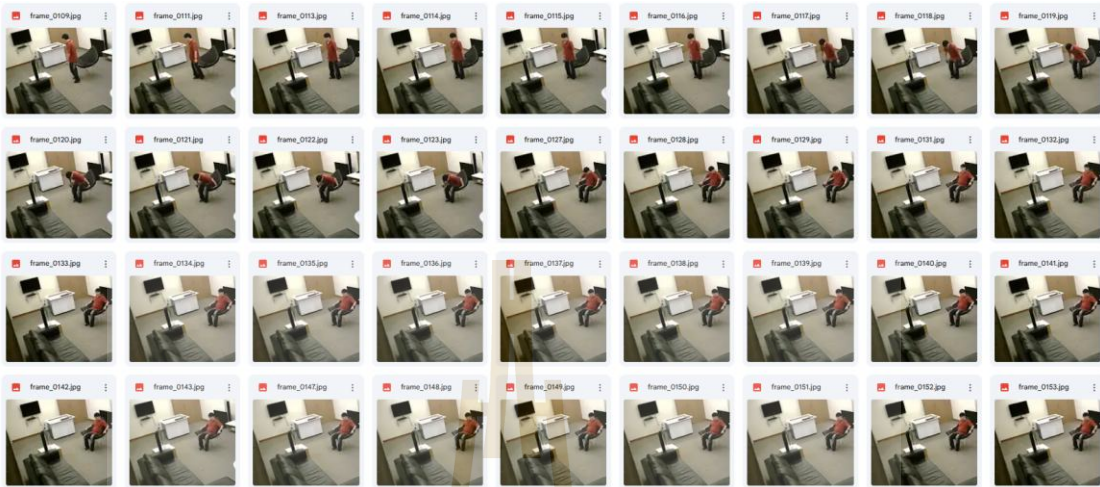
ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0594	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0595	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0596	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0597	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0598	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0599	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0600	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0601	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0602	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0603	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0604	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0605	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0606	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0607	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0608	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0609	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0610	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0611	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0612	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0613	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0614	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0615	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0616	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0617	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0618	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0619	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0620	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0621	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0622	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0623	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0624	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0625	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0626	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0627	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0628	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0629	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0630	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0631	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0632	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0633	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0634	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0635	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0636	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0637	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0638	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0639	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0640	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0641	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0642	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0643	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0644	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0645	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0646	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0647	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL

ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0648	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0649	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0650	-	WA	FB	WA	FL	FL	FL
frame_0651	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0652	-	WA	FB	WA	WA	FL	FL
frame_0653	-	WA	WA	WA	WA	FL	FL
frame_0654	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0655	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0656	-	WA	FB	WA	WA	WA	FL
frame_0657	-	WA	WA	WA	WA	WA	FL
frame_0658	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0659	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0660	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0661	-	WA	WA	WA	WA	FL	WA
frame_0662	-	WA	WA	WA	WA	FL	WA
frame_0663	-	WA	WA	WA	WA	FL	FL
frame_0664	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0665	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0666	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0667	-	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0668	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0669	-	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0670	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0671	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0672	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0673	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0674	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA

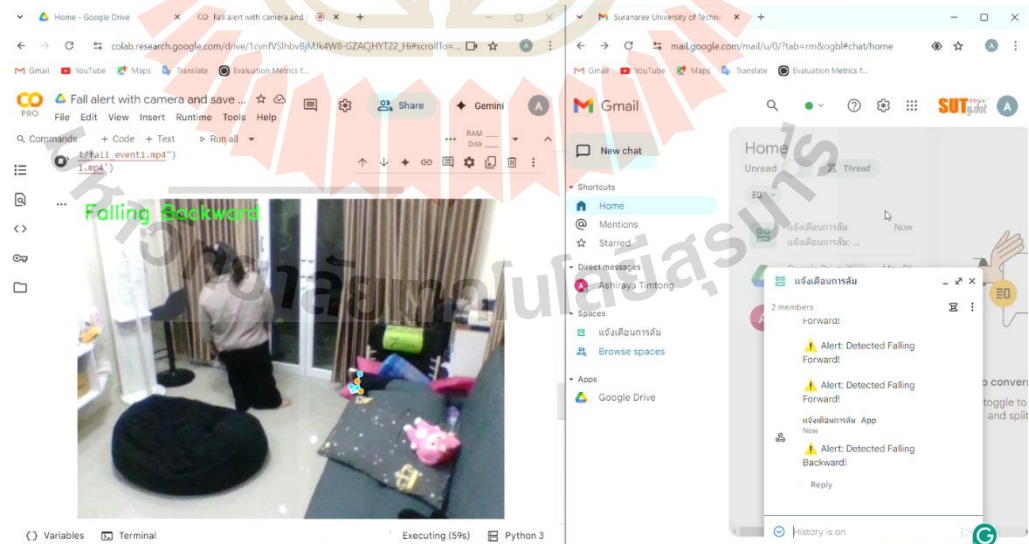
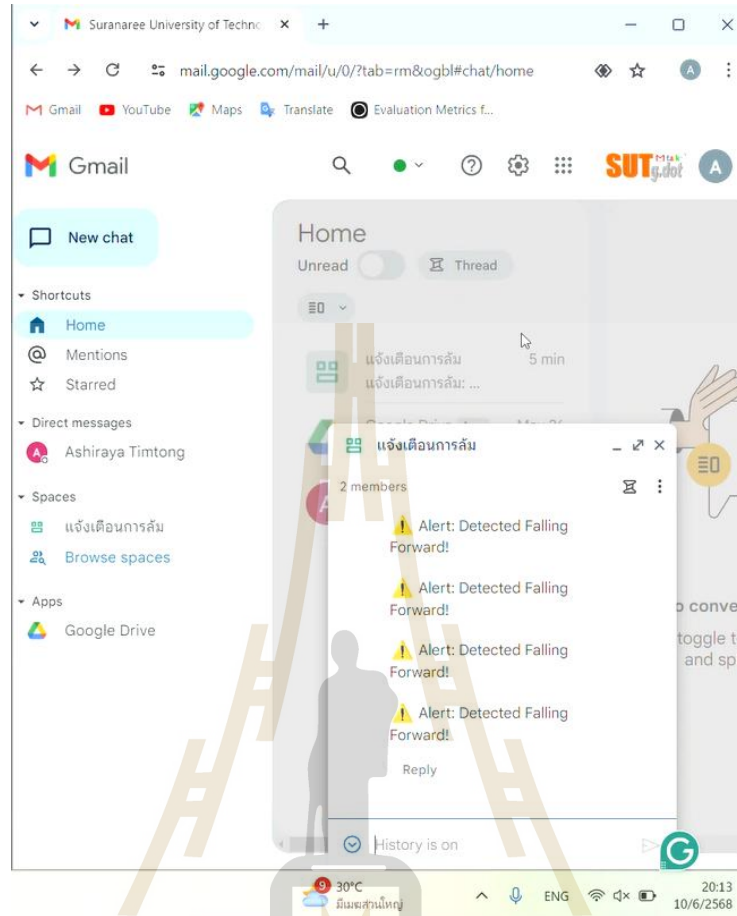
ลำดับเฟรม วิดีโอทดสอบ ที่ 7	ผลการ ทำนาย จริง	ผลการทำนายจากแบบจำลอง					
		2-layer Ver. 1	2-layer Ver. 2	VGG Ver. 1	VGG Ver. 2	Resnet 50 Ver. 1	Resnet 50 Ver. 2
frame_0675	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0676	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0677	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0678	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0679	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0680	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0681	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0682	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0683	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0684	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0685	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0686	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0687	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0688	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0689	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0690	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
frame_0691	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA
frame_0692	WA	WA	FB	WA	WA	WA	WA
จำนวนเฟรมที่ทำนายถูก		244	69	244	229	244	244
คิดเป็นร้อยละ		35.26	9.97	35.26	33.09	35.26	35.26

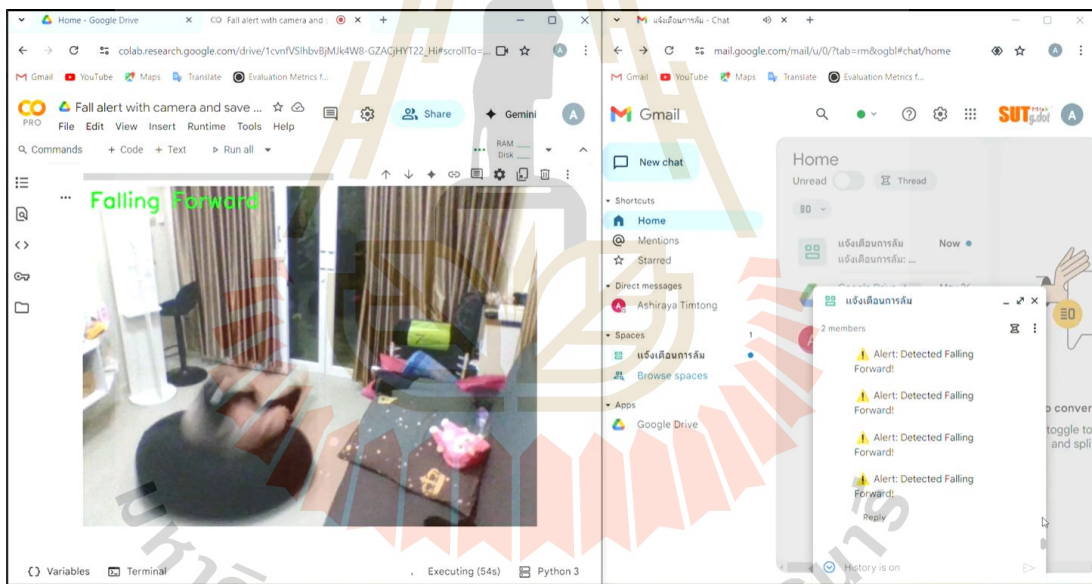
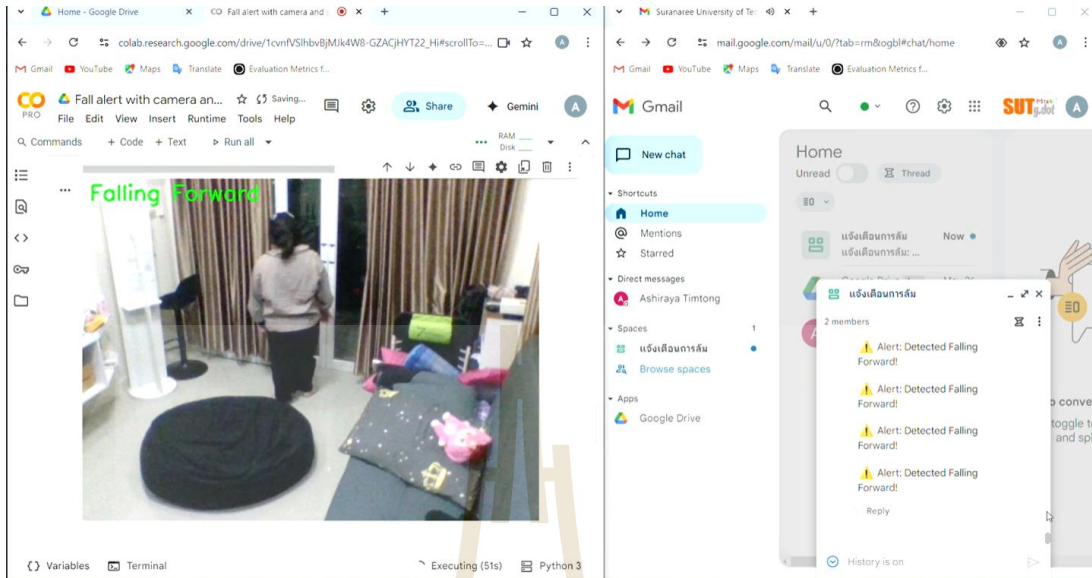
ภาพจากวีดีโอทดสอบที่ 7



ภาพแสดงตัวอย่างการทดสอบส่งการแจ้งเตือน

The screenshot displays a Google Colab environment. At the top, a browser window shows the URL `colab.research.google.com/drive/1cvnfvSlhbvBjMjk4W8-GZACjHYT22_Hi#scrollTo=PjNj...`. Below the browser is the Colab interface with a menu bar (File, Edit, View, Insert, Runtime, Tools, Help) and a 'Share' button. A code editor contains the command `!cat /fall_event1.mp4`. Below the code is a video player showing a person walking in a room, with the word 'Walking' in green text overlaid on the video. The video player has navigation controls. At the bottom of the Colab interface, there are tabs for 'Variables', 'Terminal', and 'Python 3', along with a status indicator 'Executing (58s)'.







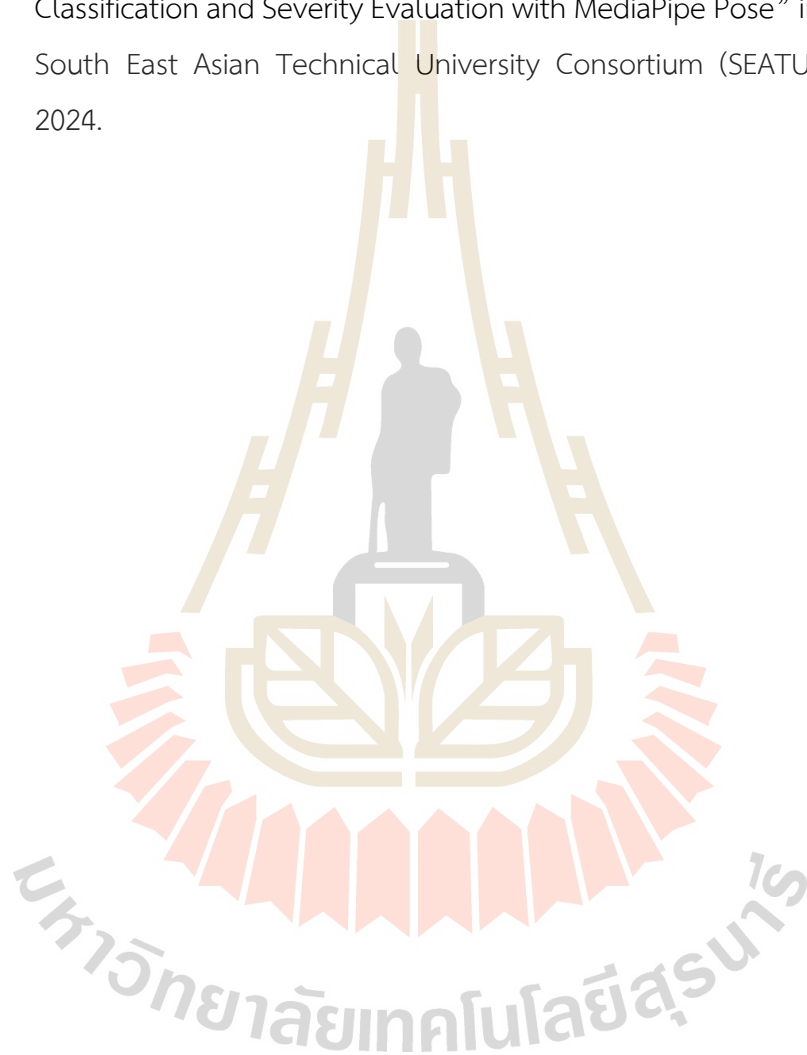
ภาคผนวก ข

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

บทความวิชาการ

A. Tingtong, T. Thosdeekoraphat, S. Watcharamaisakul, S. Kotchapradit, “CNN-Based Fall Classification and Severity Evaluation with MediaPipe Pose” in 2024 The 18th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC), Japan, Feb. 2024.





SEATUC 2024

PROCEEDINGS



The 18th South East
Asian Technical
University Consortium

“Fostering Innovation
& Entrepreneurship in
Times of Green and
Digital Transformation”

FEBRUARY

27th (Tue.) 28th (Wed.),

2024

CNN-Based Fall Classification and Severity Evaluation with MediaPipe Pose

* Ashiraya Timtong ⁽¹⁾, Thanaset Thosdeekoraphat ⁽²⁾
Sukasem Kangwantrakool ⁽³⁾, Supawat Kotchapradit ⁽²⁾

⁽¹⁾ Biomedical Innovation Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology.

⁽²⁾ School of Electronics Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology.

⁽³⁾ School of Ceramic Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology.

*Corresponding author: ashirayat1995@gmail.com

Abstract: Falls are a major issue that affects the elderly population and can lead to a range of injuries, from minor to severe, such as fractures, brain injuries, and even death. Despite numerous studies aimed at detecting and categorizing falls versus non-falls, there remains a scarcity in effectively classifying falls into distinct types. This lack of categorization hampers the ability to comprehend and evaluate the severity of fall incidents.

In this particular study, a methodology was employed to classify falling incidents into four distinct types: forward falls, backward falls, left-sided falls, and right-sided falls. Leveraging the CNN (Convolutional Neural Network) approach in conjunction with the utilization of MediaPipe pose, which aids in identifying anatomical landmarks in visual content, such as images or videos, was pivotal. This methodology enabled the recognition of key body positions, facilitating posture analysis and movement categorization. By establishing distinct body position points, significant features were generated, enabling the CNN model to effectively distinguish between different fall types.

The experimental outcomes substantiate the efficacy of this approach, showcasing an impressive accuracy rate of up to 95%. This underscores the potential utility of the developed model in accurately identifying and categorizing fall incidents based on distinct types, thereby contributing significantly to fall severity assessment and subsequent care interventions.

Keywords: CNN, Fall Classification, Media Pipe Pose, Fall injury

1. Introduction

Population aging is currently a worldwide phenomenon. With declining birth rates and advancements in medical technology enabling people to live longer, there has been an increased focus on studying diseases and risks affecting the elderly. One significant issue that has been identified is the high occurrence of falls among older individuals. Falls often result from accidental loss of balance, which can be attributed to various factors such as deteriorating nervous system

function related to movement and vision, illnesses like osteoarthritis, muscle weakness, dizziness, and brain diseases. Falls can range from minor injuries to severe outcomes like fractures, brain injuries, or skin damage. Brain injuries typically occur when the head hits the ground, such as in cases of tripping and falling face down or slipping and falling. For the elderly, falls can be so severe that they lead to fatalities.

Developing a fall detection system capable of accurately classifying falls is crucial for efficiently managing patients in hospitals, as it allows for prompt assessment of the severity of their injuries. Currently, numerous fall detection systems are under study, with three main types being investigated: wearables, ambience-based, and vision-based detection. Machine learning techniques are often employed alongside these detection methods. While these approaches generally exhibit good performance and achieve accuracy rates higher than 80% [1], there are still challenges within each category. Wearable and ambience-based sensors, while providing numerical data, often lack the ability to offer detailed insights into fall situations. In contrast, vision-based detection systems offer visual information that enables a more flexible assessment of fall scenarios. Research in this area frequently categorizes falls into two classes: "fall" and "non-fall." While research on fall detection is extensive, limited attention has been paid to assessing the severity of fall-related injuries.

Research has shown that falls among elderly people usually occur as forward falls and mainly cause injuries to the lower extremities [2]. While many studies have combined cameras with wearable devices and other sensors to create an alert system, this approach can be expensive. Thus, this study focuses solely on video-based fall classification using machine learning to categorize falls as either "fall" or "non-fall" [5], or into multiple categories [6] [7]. One of the main challenges in fall detection studies is the scarcity of datasets for machine learning due to privacy concerns [1]. However, this study overcomes this limitation by using publicly available datasets and implementing the MediaPipe Pose function to estimate 2D human coordinates [11]. Extracting

significant features from the data enhances the efficiency and accuracy of the model.

Based on the research conducted in the vision-based category, as shown in Table 1, it has been demonstrated that using machine learning methodologies can reliably achieve fall detection with a high degree of accuracy [13][14][15][16]. These studies have produced impressive results in terms of precise detection, particularly when employing a convolutional neural network model designed for this purpose.

Table 1. Show the number of video datasets in each class.

Study	Used Datasets	Classifier	Performance
Yuxi Chen et al. (2020)	This system-specific video dataset	Average values Lenet	Sensitivity 82.78% Specificity 98.07%
		AlexNet	Sensitivity 86.84% Specificity 98.41%
		GoogLeNet	Sensitivity 92.87% Specificity 99%
X. Cai et al. (2020)	UR Fall Detection	Softmax based on features vector from HCAE	Sensitivity 100% Specificity 93% Accuracy 96.2%
Qi Feng et al. (2020)	Multicam Fall Dataset and UR Fall Detection	Softmax based on features vector from ANN implemented in its last layer	Multicam Dataset Sensitivity 91.6% Specificity 93.5% UR Dataset Precision 94.8% Recall 91.4%
C. A. Q. Bugari n et al. (2022)	This system-specific video dataset	MobileNetv2 CNN Random Forest	Accuracy 99.94% Recall 99.93%

This study presents a machine learning-based approach to classify falls using video footage compiled from various research studies. The dataset encompasses various types of falls, including forward, backward, left, right, and walking. The model's purpose extends beyond classification, aiming to evaluate the severity of injuries resulting from different fall types.

The paper is structured into five parts, beginning with the Introduction. The subsequent sections cover research methodology, analysis, and discussion of experimental results in Section 3, while the fourth part focuses on summarizing the findings and providing recommendations for future work.

2. Dataset

This study primarily concentrates on the development of a model aimed at categorizing various types of falls. The process begins with the collection of learning datasets in the form of videos. These videos are then prepared for the training and testing of the models.

2.1 Data preparation

2.2.1 Data acquisition

We collected a dataset from three publicly available research papers [8][9][10]. Specifically focusing on indoor CCTV camera footage, these 262 videos show people falling without any visible obstruction. To simplify the analysis, we extracted specific segments from these videos that captured instances of falling forward, backward, leftward, rightward, and normal walking. We transformed these segments into short clips to speed up the processing time. The number of individual videos used in this study is listed in Table 2.

Table 2. Show the number of video dataset in each class

Classification	Dataset		Total video dataset in each class
	Video without Pose	Video with MediaPipe Pose	
Falling backward	32	32	64
Falling forward	62	62	124
Falling right	51	51	102
Falling left	35	35	70
Walking	60	60	120

2.2.2 Preprocessing method

To improve our analysis, we used the MediaPipe Pose Landmarker library to detect human body landmarks in photos or videos. This library enables the identification of important body positions, which makes it possible to analyze posture and categorize movement. By marking key body points (as shown in Fig 2), we added more features to the videos. This augmented the learning dataset and improved the efficiency of the CNN models. In Fig 3, you can see the results we obtained using MediaPipe Pose Landmarker.

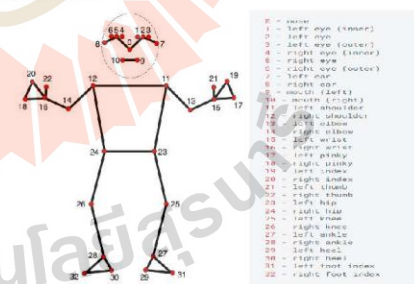


Fig. 2 Pose Points Generated on the Human Body



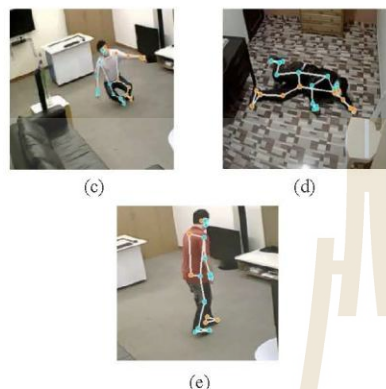


Fig. 3 Sample Fall Poses (a) Falling Backward (b) Falling Forward (c) Falling Left (d) Falling Right (e) Walking

3. Analysis

3.1 Modeling

The Convolutional Neural Network (CNN) is built upon three fundamental architectures: Convolution, Pooling, and Fully Connected layers, organized hierarchically in our study. We have employed a Sequential architecture, as depicted in Fig 4, to create a novel sequential model.

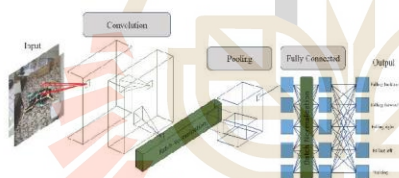


Fig. 4 Block diagram in the sequential model

We have implemented Batch Normalization techniques to activate our Deep Neural Network's hidden layers properly. These techniques scale the activations appropriately by adjusting the shift and scale to ensure that they are neither too small nor too large. By using Batch Normalization, each layer of the Neural Network can learn more independently, decreasing dependencies on other layers. This results in more effective learning and minimizes inter-layer dependencies.

3.2 Evaluation

Classification metrics are statistical measures that are employed to evaluate the performance of a classification model. These metrics provide valuable insights into the accuracy and efficiency of a model. Some commonly used classification metrics include accuracy, precision, recall, and F1 score. Accuracy signifies the proportion of correct predictions, while precision measures the ratio of true positives to the total predicted positives. Recall

measures the proportion of true positives to the total actual positives, and the F1-score is the harmonic mean of precision and recall.

3.2.1 Accuracy

Accuracy is the ratio of correct predictions to the total number of predictions made by the classifier.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

3.2.2 Precision

Precision indicates the proportion of true positives among all positive predictions. It is particularly useful when reducing false positives is a priority.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

3.2.3 Recall (Sensitivity)

Recall explains the proportion of actual positive cases that were correctly predicted. It is especially useful in situations where False Negatives are more concerning than False Positives.

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

3.2.4 F1-Score

F1-score is a metric that combines precision and recall values. It was designed to provide a single measure of a model's ability. The F1-score calculates their average to give you a comprehensive evaluation of your model's performance.

$$\text{F1-Score} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

4. Results and discussion

In our experimental setup, we randomly divided the dataset into a train-test ratio of 80:20. An epoch represents a complete training cycle using the entire training dataset. For our experiment, we set the maximum number of training epochs to 50.

During the CNN training process, we observed an increasing trend in the classification accuracy with each iteration, as illustrated in Fig 4. Conversely, the classification error for each batch demonstrated a decreasing pattern with each iteration, as shown in Fig 5. These visual representations provide insights into the progressive improvement of the CNN model's performance throughout the training process.

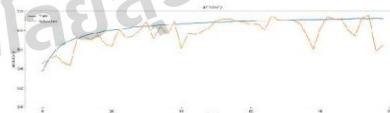


Fig. 4. Classification accuracy

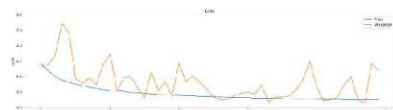


Fig. 5. Classification loss

In the conducted experiment, the model showed an impressive accuracy of 95%. The corresponding Precision, Recall, and F1_score values are presented in Table 3. Detailed parameters for each class are systematically presented in Table 4. However, it's important to note that the model's accuracy in predicting falls or non-falls should be considered along with false negative predictions. These are instances where a fall occurred but was predicted as a non-fall. The recall value associated with this predictive outcome is relatively lower compared to research that uses a binary prediction framework, distinguishing between falling and non-falling [16].

Table 3. Evaluation of the Model's Performance

Accuracy	Precision	Recall	F1 score	Loss
0.95	0.83	0.81	0.81	0.14

This experiment evaluated six videos beyond the learning dataset to assess the prediction accuracy. The results showed a 67% accuracy rate for this external dataset. The variance in performance can be attributed to the small size of the learning dataset in each class, which provided clear visibility of individuals. On the other hand, the datasets that were excluded from the learning set had obscured identities, leading to a lower prediction accuracy when applied to unfamiliar data compared to the learning dataset.

Table 4. Evaluation of the Model's Performance for each class

	Precision	Recall	F1_score
Falling backward	0.9860	0.9848	0.9854
Falling forward	0.8180	0.9905	0.8961
Falling right	0.9937	0.9770	0.9853
Falling left	0.9942	0.9955	0.9948
Walking	0.9931	0.8049	0.8892

5. Conclusions

This study aims to improve the existing fall detection system by introducing additional functionalities beyond basic fall identification. In addition to detecting whether a fall has occurred or not, the study incorporates the pose estimation function of MediaPipe Pose Landmarker into the video dataset. This integration aims to enhance the efficiency of the Convolutional Neural Network model, thereby increasing overall accuracy.

The study also explores the analysis of various fall types to provide insights into the potential severity of injuries. Although the classification of different fall types remains a challenge, the model under examination demonstrates an accuracy rate of up to 95%. However,

there is a recognized need to improve recall values to ensure maximum safety in real-world detection scenarios. The emphasis is placed on expanding the learning dataset, particularly in instances where individuals are obscured.

Furthermore, the study recognizes the importance of addressing other types of falls, such as falling while standing up or falling while sitting, which are likely to be prevalent among the elderly population. These considerations highlight the ongoing efforts to refine and expand the capabilities of the fall detection system, to provide a more comprehensive and effective solution.

We have plans to explore alternate model architectures to improve the accuracy of fall classification in future work. Our objective is to identify the most effective model that can detect falls and provide probabilities associated with the severity of injuries. For instance, the model can predict the probability of specific injuries, such as an 80% chance of head injury or a 30% chance of fracture when a fall occurs. Such information, when combined with camera-based fall detection, can assist in assessing the severity of injuries and aid in providing appropriate medical care.

Acknowledgment

This work was supported by Suranaree University of Technology (SUT) and by the Office of the Higher Education under NRU project of Thailand. The authors deeply appreciate the valuable comments of the reviewers and recommend to be advantageous for revisions this paper.

References

- [1] Xu, T., Y. Zhou, and J. Zhu, *New Advances and Challenges of Fall Detection Systems: A Survey*. Applied Sciences, 2018. 8(3).
- [2] DEGOEDE K. M., ASHTON-MILLER J. A., SCHULTZ A. B. Fall-related upper body injuries in the older adult: a review of the biomechanical issues, *Biomechanics* 2003: 1043-1053.
- [3] Martínez-Villaseñor, L., H. Ponce, J. Brieva, E. Moya-Albor, J. Núñez-Martínez and C. Peñafort-Asturiano (2019). "UP-Fall Detection Dataset: A Multimodal Approach." *Sensors* (Basel, Switzerland) 19(9): 1988.
- [4] Leu, F.-Y., C.-Y. Ko, Y.-C. Lin, H. Susanto and H.-C. Yu (2017). Chapter 10 - Fall Detection and Motion Classification by Using Decision Tree on Mobile Phone. *Smart Sensors Networks*. F. Xhafa, F.-Y. Leu and L.-L. Hung, Academic Press: 205-237.
- [5] Anishchenko, L. (2018). *Machine learning in video surveillance for fall detection*. 2018 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT).
- [6] de Miguel, K., A. Brunete, M. Hernando and E. Gamba (2017). "Home Camera-Based Fall Detection System for the Elderly." *Sensors* (14248220) 17(12): 2864.
- [7] Espinosa, R., H. Ponce, S. Gutiérrez, L. Martínez-Villaseñor, J. Brieva and E. Moya-Albor (2019). "A vision-based approach for fall detection using multiple cameras and convolutional neural networks: A case study using the UP-Fall detection dataset." *Computers in Biology and Medicine* 115.
- [8] Chua, J.-L., Y. C. Chang and W. K. Lim (2015). "A simple vision-based fall detection technique for indoor video surveillance." *Signal, Image and Video Processing* 9(3): 623-633.
- [9] Arvinet, E., C. Rougier, J. Meunier, A. St-Arnaud and J. Rousseau (2011). "Multiple cameras fall data set."
- [10] Guerrero, J. C. E., E. M. España, M. M. Afiasco and J. E. P. Lopera (2022). "Dataset for human fall recognition in an uncontrolled environment." *Data in Brief* 45: 108610.
- [11] Kim, Jong-Wook, Jin-Young Choi, Eun-Ju Ha, and Jae-Ho Choi. 2023. "Human Pose Estimation Using MediaPipe Pose and

SEATUC Symposium 2024

- Optimization Method Based on a Humanoid Model" *Applied Sciences* 13, no. 4: 2700. <https://doi.org/10.3390/app13042700>
- [12] MediaPipe Pose. Available online: <https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose.html> (accessed on 28 March 2022).
- [13] Chen, Y., et al., *An Edge Computing Based Fall Detection System for Elderly Persons* *Procedia Computer Science*, 2020, 174: p. 9-14.]
- [14] Cai, X.; Li, S.; Liu, X.; Han, G. Vision-Based Fall Detection With Multi-Task Hourglass Convolutional Auto-Encoder. *IEEE Access* 2020, 8, 44493–44502.
- [15] Feng, Q.; Gao, C.; Wang, L.; Zhao, Y.; Song, T.; Li, Q. Spatio-temporal fall event detection in complex scenes using attention guided LSTM. *Pattern Recognit. Lett.* 2020, 130, 242–249
- [16] C. A. Q. Bugarin, J. M. M. Lopez, S. G. M. Pineda, M. F. C. Sambrano and P. J. M. Loresco, "Machine Vision-Based Fall Detection System using MediaPipe Pose with IoT Monitoring and Alarm," *2022 IEEE 10th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*, Hyderabad, India, 2022, pp. 269-274, doi: 10.1109/R10-HTC54060.2022.9929527.
- [17] Hossin M, Sulaiman MN. A review on evaluation metrics for data classification evaluations. *International journal of data mining & knowledge management process*. 2015 Mar 1;5(2):1.
- [18] Z. Huang, Y. Liu, Y. Fang and B. K. P. Horn, "Video-based Fall Detection for Seniors with Human Pose Estimation," 2018 4th International Conference on Universal Village (UV), Boston, MA, USA, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/UV.2018.8642130.
- [19] H. Ramirez, S. A. Velastin, I. Meza, E. Fabregas, D. Makris and G. Farias, "Fall Detection and Activity Recognition Using Human Skeleton Features," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 33532-33542, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3061626.
- [20] G. Sun and Z. Wang, "Fall detection algorithm for the elderly based on human posture estimation," *2020 Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC)*, Dalian, China, 2020, pp. 172-176, doi: 10.1109/IPEC49694.2020.9114962.

Nomenclature

TP : True positive
TN : True negative
FP : False positive
FN : False negative



Ashiraya Timtong received the B.E. (2018), degree in Electronic Engineering from Suranaree University of Technology. Currently pursuing a master's degree in Biomedical Innovation Engineering at Suranaree University of Technology.



Thanaset Thosdeekoraphat received the Ph.D. in Telecommunication Engineering (2012), Suranaree University of Technology, Thailand. At present Lecturer, School of Electronic Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand.

Research interests include hyperthermia inductive heating, magnetic shielding system, RF and microwave circuit design, microwave heating, and antenna. In addition, as a reviewer of the *International Journal of Antennas and Propagation*. At present Assistant Professor in Electronics Engineering Head, School of Electronics Engineering



Sukasem Watcharamaisakul received the D.Eng. in Materials Science and Engineering (2003), Hokkaido University, Japan. Lecturer, School of Ceramic Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand. Research interests Composite Materials and Bioceramics At present Assistant Professor, School of Ceramic Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand.



Supawat Kotchapradit received the B.Eng. (1st Hons) in Electronic Engineering (2013) from Suranaree University of Technology. At present he has been studying a Ph.D. degree in Electronic Engineering since 2014, Suranaree University of Technology, Thailand.

Research interests include Power Electronic, microwave circuit and RF circuit design.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชิรญา ทิมทอง เกิดวันที่ 14 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2538 ณ จังหวัดนครราชสีมา ได้ศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ณ โรงเรียนสุนทรารวีทยา และศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในสายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เข้ารับการศึกษาระดับอุดมศึกษา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา จนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2561 ภายหลังจากสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี ได้เข้าทำงานที่บริษัท เบเดียน อินดัสทรี (ไทยแลนด์) จำกัด ในตำแหน่ง Document Engineer เมื่อปีพ.ศ. 2562 – 2563 จากนั้นได้เข้าทำงานในตำแหน่งเจ้าหน้าที่โครงการ ของโครงการมหาวิทยาลัยสู่ตำบล ในปีพ.ศ. 2564 (ระยะเวลาโครงการ 1 ปีตั้งแต่ มกราคม - ธันวาคม 2564) ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยสอนและวิจัย สาขาวิชาคณิตศาสตร์และภูมิสารสนเทศ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

ในปีการศึกษา 2563 ได้เข้ารับการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรสาขาวิชานวัตกรรมการวิศวกรรมแพทย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยได้รับทุนการศึกษาแก่นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอก (OROG) นอกจากนี้ยังมีผลงานทางวิชาการระดับนานาชาติที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ ดังปรากฏในภาคผนวก ข