

**ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนและประเมินความสนใจผ่านลักษณะ  
อารมณ์ทางใบหน้าด้วยกล้องเว็บแคม**  
**Student Class Attendance and Interest Assessment System with  
Facial Expression Detection via Webcam**

วัชรชัย คงศิริวัฒนา<sup>1\*</sup> พลกฤต หวังศิริกำโชค<sup>1</sup> และ วายุกกัต์ ชันติโก<sup>1</sup>

Watcharachai Kongsiriwattana<sup>1</sup> Phonlakit Whangsirikunchok<sup>1</sup> and Wayuphag Chantigo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

<sup>1</sup>Department of Information Technology, Faculty of Industrial Technology and Management,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok

วันที่ส่งบทความ : 25 มกราคม 2564 วันที่แก้ไขบทความ : 4 กรกฎาคม 2564 วันที่ตอบรับบทความ : 7 กรกฎาคม 2564

Received: 25 January 2021, Revised: 4 July 2021, Accepted: 7 July 2021

### **บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการตรวจสอบสถานะการเข้าชั้นเรียนผ่านใบหน้าโดยการใช้กล้องเว็บแคม (Webcam) ในการตรวจจับนักศึกษาในชั้นเรียนแบบเรียลไทม์ และนำผลการแสดงอารมณ์ทางใบหน้าของนักศึกษาขณะทำการเรียนในช่วงเวลาดังกล่าว มาทำการประเมินผลความสนใจในการเรียน บนพื้นฐานชุดข้อมูลการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า ประกอบไปด้วยหน้า “ปกติ” “มีความสุข” “ประหลาดใจ” “โกรธ” “เศร้า” และ “กลัว” การทำงานของระบบนี้จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ฝั่งอาจารย์ และฝั่งนักศึกษา โดยฝั่งอาจารย์จะมีหน้า Dashboard แสดงสถานะของนักศึกษาที่เข้าสู่ระบบในวิชาที่ลงทะเบียนเรียน และเปอร์เซ็นต์สรุปผลความสนใจในการเรียนรายบุคคล ขณะที่ฝั่งนักศึกษาจะสามารถเข้าสู่ระบบด้วยการเข้าร่วมรายวิชาผ่านรหัสที่ได้รับจากฝั่งอาจารย์ เพื่อสามารถตรวจสอบเปอร์เซ็นต์สรุปผลความสนใจในการเรียนของตนเองได้ การตรวจจับใบหน้าจะทำงานร่วมกับแบบจำลอง MobileFaceNet เพื่อแยกแยะและจดจำใบหน้าของนักศึกษาแต่ละคน แล้วทำการเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลแบบจำลองตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าของนักศึกษาแต่ละคนอยู่ Mini-Xception เพื่อทราบได้ว่านักศึกษาแต่ละคนอยู่ในสถานะอารมณ์อะไร โดยจำแนกกลุ่มอารมณ์ทางใบหน้า คือ “ปกติ มีความสุข ประหลาดใจ” แสดงถึงความสนใจ ขณะเดียวกันกลุ่มอารมณ์ทางใบหน้า คือ “โกรธ เศร้า กลัว” แสดงถึงความไม่สนใจ เมื่อใดก็ตามที่สิ้นสุดการทำงาน ระบบจะทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสนใจและไม่สนใจของนักศึกษา และสถานะการเข้าชั้นเรียนออกเป็นผลสรุป ซึ่งผลการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างในชั้นเรียนจำนวน 4 คน ทดสอบระบบเพื่อหาความสนใจและไม่สนใจในการเข้าชั้นเรียนจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที ได้ผลลัพธ์ความสนใจเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 82.81% และความไม่สนใจเท่ากับ 17.19%

**คำสำคัญ :** การตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า การจดจำใบหน้า การเข้าชั้นเรียน โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

\*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: watcharachai.k@fitm.kmutnb.ac.th

## Abstract

This research aims to implement a student class attendance and interest assessment system with facial expression detection using a webcam, operating in a real-time environment within the classroom. The expressions on the faces of the students based on emotion dataset including "Neutral", "Happy", "Surprised", "Angry", "Sad" and "Fear" can be examined as attention and inattention. This system can be divided into two parts: the teacher section and student section. On the teacher section, there will be a dashboard displaying all students' details logging in to the course of study and the percentage of individual student attention in each subject. On the other hand, the student section will be able to log in by joining the class via the teacher's given code. Also, students can check their interest status. MobileFaceNet model was selected as a face detector. In the meantime, the mini-Xception model was also selected as facial expression detection. Therefore, the emotional status of students is to be detected via webcam by using MobileFaceNet and mini-Xception. Facial emotional expression status can be divided into two groups: Facial emotions are "normal, happy, surprised", showing interest. Simultaneously, the facial emotion groups are "angry, sad, afraid", showing their indifference. After finishing the study, the system will calculate the student's interest and disregard percentage and student attention as a summary report. A representative sample group of 4 students tested for finding attention and inattention in the classroom three times for 30 minutes. The overall results show that students are interested in 82.81% and disregard 17.19%.

**Keywords:** Facial emotional expression detection, Facial recognition, Class attendance, Convolutional neural networks

### 1. บทนำ

จากอดีตจนถึงปัจจุบันการเข้าชั้นเรียนในระดับมหาวิทยาลัย ยังคงมีการเช็คชื่อในชั้นเรียนอยู่เพื่อใช้สำหรับเป็นคะแนนจิตพิสัย และเป็นส่วนหนึ่งเพื่อบ่งชี้ให้เห็นว่านักศึกษามีความสนใจในการเรียนวิชานั้น ๆ ผ่านการเข้าเรียน แต่ในความเป็นจริงการเข้าเรียนไม่สามารถประเมินได้ว่านักศึกษาสงใจหรือไม่สนใจในการเรียนการสอนนั้นหรือไม่ การวัดว่านักศึกษเข้าใจหรือสนใจในวิชาที่เรียน อาจได้มาจากการทดสอบท้ายคาบเรียนเพื่อดูผลลัพธ์ของคะแนนที่ได้ หรือดูจากเกรดเมื่อเสร็จสิ้นสุดภาคการศึกษานั้น ๆ

ปัจจุบันการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนเพื่อดูลักษณะความสนใจการเรียนของนักศึกษา จะเป็นการแสดงความเห็นหรือสอบถาม ผ่านการยกมือ หรือพูดแสดงให้เห็นว่าต้องการมีส่วนร่วมในการอภิปรายในชั้นเรียน ขณะเดียวกันหากเป็นการเรียนการสอนออนไลน์ การจะมีส่วนร่วมทำได้โดยการกดปุ่มยกมือ การพูดขึ้นมา

เพื่อแสดงความเห็น หรือพิมพ์ข้อความตอบโต้กันระหว่างนักศึกษาและอาจารย์ในชั้นเรียน ผ่านโปรแกรมแชท อย่างไรก็ตามสิ่งนี้ยังไม่สามารถที่ประเมินได้ว่า นักศึกษามีความสนใจหรือไม่สนใจในการเรียนนั้นหรือไม่ จึงได้มีนักวิจัยเริ่มให้ความสำคัญประเด็นการประเมินผลจากการแสดงออกในชั้นเรียนผ่านพฤติกรรมของนักศึกษา ผ่านจำนวนการโพสต์ หรือ สอบถามผ่านในเว็บบอร์ดออนไลน์ [1] หรือลักษณะทางอารมณ์ของนักศึกษาขณะเข้าชั้นเรียนผ่าน อีโมจิ ที่โพสต์ลงในเว็บบอร์ด หรือโปรแกรมแชท ณ เวลานั้น [2] แต่อย่างไรก็ตามวิธีทั้งสองยังเป็นแบบออนไลน์ ไม่ได้ถูกนำมาพัฒนาในชั้นเรียนหรือห้องเรียนจริง ๆ

จากแนวทางดังกล่าว ผู้วิจัยได้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบสารสนเทศที่สามารถประเมินความสนใจ และไม่สนใจ สรุพออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ ขณะเข้าชั้นเรียนในลักษณะการเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ โดยอาศัยลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า (Facial Expression) ของนักศึกษาในขณะนั้น ผสมกับเทคโนโลยีโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) ทำการตรวจจับลักษณะใบหน้าที่แสดงออกมามีเป็นแบบใด รวมถึงการตรวจสอบตัวตนของนักศึกษาผ่านทางใบหน้า (Face Detection) เพื่อบอกสถานะว่านักศึกษาคนนั้นเป็นใคร เข้าเรียนตรงเวลา ขาดเรียน หรือมาสายได้ในขณะเดียวกัน

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN)

โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน [3] ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับงานที่ใช้ภาพเป็นข้อมูลขาเข้า ชั้นของประสาทเทียมคอนโวลูชันแตกต่างจากโครงข่ายประสาทเทียมโดยทั่วไป คือมีชั้นเพอร์เซ็ปตรอนที่อยู่ในรูปแบบ 3 มิติได้แก่ ความกว้าง ความสูง และความลึก ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลเชิงพื้นที่ การรู้จำวัตถุ และการวิเคราะห์ภาพโดยใช้โครงสร้างเซลล์ประสาทแบบหลายมิติ (Multidimensional Neurons Structures) ลักษณะงานที่ใช้ CNN ในการวิเคราะห์ได้แก่ งานตรวจสอบและคัดแยกกล่องเหล็กที่มีข้อบกพร่องในการผลิตแบบอัตโนมัติ [4] ซึ่งอาศัยความสามารถของ CNN ในการวิเคราะห์ภาพที่มีความแตกต่างกัน ทำให้ทราบว่กล่องเหล็กใบไหนมีข้อบกพร่อง ขณะเดียวกัน [5] เป็นการตรวจสอบคุณภาพถุงปูนซีเมนต์ด้วยวิธีการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิค CNN เพื่อพัฒนาแบบจำลองประเภทต่าง ๆ มาทำการตรวจสอบแนวทาบที่สมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ ที่เกิดขึ้นในการผลิต นอกจากนี้แบบจำลองตรวจจับใบหน้า และแบบจำลองตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า ต่างก็อาศัยพื้นฐานเทคนิค CNN ในการประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจจับเช่นกัน

### 2.2 การตรวจจับใบหน้า และการรู้จำใบหน้า (Face Detection and Face Recognition)

ระบบและตรวจจับ และรู้จำใบหน้า [6]-[7] จัดเป็นหนึ่งในระบบที่ใช้ในการพิสูจน์ยืนยันตัวตนบุคคล โดยอาศัยคุณลักษณะจำเพาะทางสรีระ ซึ่งระบบจะจดจำใบหน้าโดยการเปรียบเทียบใบหน้าจากภาพถ่ายดิจิทัลหรือภาพจากกล้องวิดีโอของบุคคลที่สนใจ นำไปเทียบกับฐานข้อมูลใบหน้าที่มีอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบเสร็จสิ้นจะแสดงผลใบหน้าที่ถูกต้องที่ตรงกันแสดงออกมามีบุคคลนั้นคือใคร หากไม่ถูกต้องก็จะมีแจ้งเตือนให้ทราบว่าไม่มีข้อมูลปรากฏในฐานข้อมูล การตรวจจับใบหน้า และการรู้จำ

ใบหน้าถูกประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายในเรื่องของการนำไปใช้ในการรักษาความปลอดภัย การเข้าออกสถานที่ต่าง ๆ การตรวจสอบการเข้าทำงาน และการเข้าเรียน เป็นต้น

### 2.3 การตรวจสอบลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า (Facial Emotional Expression Detection)

ในการตรวจสอบลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า จะอ้างอิงรูปแบบของใบหน้าที่แสดงถึงความรู้สึกออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ประกอบด้วยอารมณ์ทางใบหน้า “ปกติ” “มีความสุข” “ประหลาดใจ” “โกรธ” “เศร้า” และ “กลัว” ลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าที่อ้างอิงตำแหน่งของดวงตา คิ้ว ปาก จมูก มาทำการตรวจสอบเพื่อระบุว่าเป็นอารมณ์ทางใบหน้าใด [8]

### 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัย [9] ได้ใช้แนวคิดของโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน มาพัฒนาร่วมกับแบบจำลองในการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า โดยใช้ชุดข้อมูลทางด้านอารมณ์ FER-2013 พัฒนาแบบจำลองที่สามารถตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า มีความแม่นยำที่ 66% นอกจากนี้ยังใช้ชุดข้อมูลเกี่ยวกับเพศสภาพ IMDB ซึ่งให้ความแม่นยำที่ 96% มาพัฒนาแบบจำลองของตนเองเพื่อตรวจสอบเพศชาย และเพศหญิง จากงานวิจัยนี้สามารถยืนยันได้ว่าสามารถพัฒนาระบบการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าในทางปฏิบัติได้จริง ขณะที่การตรวจจับใบหน้าเพื่อสร้างกรอบสี่เหลี่ยมมาครอบใบหน้าของนักศึกษาแต่ละคน [10] ได้พัฒนาแบบจำลองที่สามารถตรวจจับใบหน้า และสร้างกรอบสี่เหลี่ยมมาครอบหน้าผ่านกล้องวิดีโอได้จริง โดยใช้ Caffe ที่เป็น Neural Network ตระกูล CNN ใช้ความสามารถของหน่วยประมวลผลกราฟิก (Graphics Processing Unit: GPU) มาประมวลผลภาพแบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยของผู้วิจัยได้เลือกใช้ แบบจำลอง UltraLight งานวิจัย [11] ได้เสนอรูปแบบการศึกษาออนไลน์ระยะไกลซึ่งอาศัยการตรวจจับใบหน้าของนักศึกษาผ่านทางอารมณ์ แต่ให้ความสำคัญกับการเคลื่อนไหวของดวงตา และปาก ทำให้เกิดความแม่นยำมากกว่าเดิมที่ให้ความสนใจลักษณะทางอารมณ์ 6 ลักษณะ ผลของการวิจัยยืนยันว่าการให้ความสำคัญของการเคลื่อนไหวของดวงตา และปาก ทำให้ผลลัพธ์ความแม่นยำในการตรวจจับใบหน้าที่มีผลลัพธ์ที่ดีขึ้น งานวิจัย [12] สนับสนุนเรื่องการเพิ่มความสนใจในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตา และบริเวณส่วนหัว ทำให้ผลของความแม่นยำจากการแสดงผลทางอารมณ์ผ่านใบหน้า มีความแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการศึกษาแบบ E-Learning โดยตรวจสอบความสนใจ หรือไม่สนใจของผู้เรียน ผ่านอารมณ์ทางใบหน้า มีความเป็นไปได้ในการเอามาประเมินผลได้จริง งานวิจัย [13] เสนอแนวทางในการวัดความสนใจ หรือไม่สนใจผ่านอารมณ์ทางใบหน้าโดยกำหนดอัตราส่วนในการจำแนกความเข้าใจหรือไม่เข้าใจผ่านกลุ่มของใบหน้า โดยมีอัตราส่วนที่มากกว่า 0.5 จาก 1.0 จะบอกว่าอารมณ์ทางใบหน้านั้น มีความเป็นไปได้ว่า ผู้ใช้เข้าใจ หรือไม่เข้าใจในเนื้อหาที่ทำการสอน งานวิจัย [14] เสนอรูปแบบระบบที่สามารถตรวจสอบสถานะอารมณ์ทางใบหน้าผ่านกล้องเว็บแคม (Webcam) ภายในห้องเรียน ทำให้สามารถรับรู้โอกาสที่อารมณ์ของนักศึกษาจะมีแนวโน้มหดหู่ หรือเศร้าโศกเพียงใดในการเข้าชั้นเรียน ทำให้อาจารย์ผู้สอนสามารถที่จะปรับเปลี่ยนวิธีการสอนเพื่อลดความตึงเครียดในขณะที่เรียนในชั้นเรียน งานวิจัย [1] และ [15] เสนอทางเลือกในการตรวจสอบทัศนคติของผู้เรียนในชั้นเรียน ขณะที่อาจารย์ทำการสอน นักศึกษาสามารถแสดงความรู้สึกผ่านสัญลักษณ์รูปอารมณ์ (Emoji Icon) และพิมพ์คำถามลงกระดานถามตอบได้

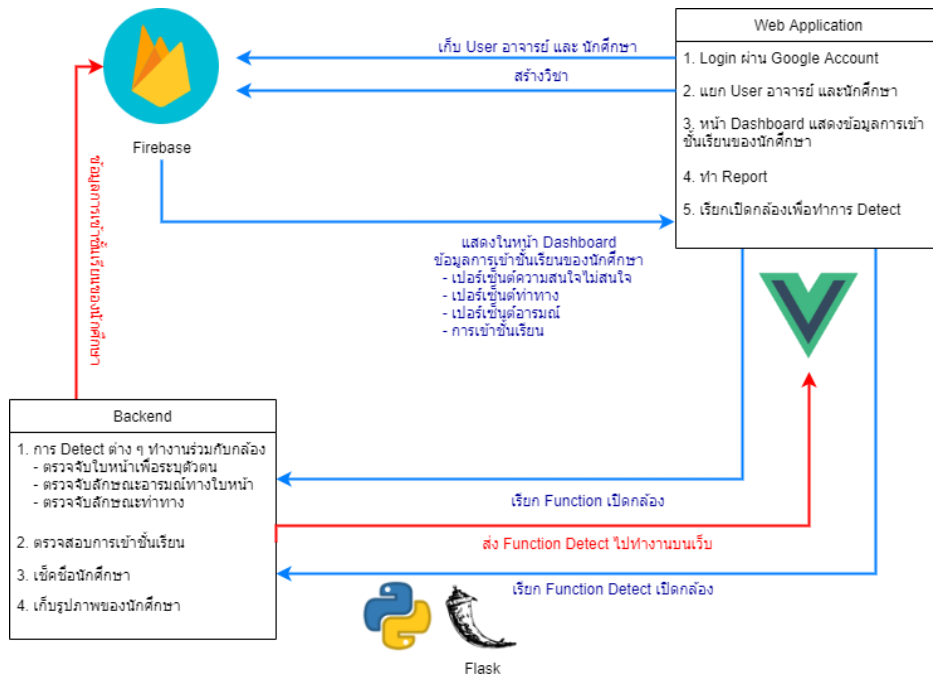
ทันที ขณะเดียวกันอาจารย์ก็จะสามารถตรวจสอบคำถามและตอบคำถามนักศึกษา และเห็นจำนวนของคำถามผ่าน Dashboard ฝั่งอาจารย์ได้เช่นกัน

### 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

การพัฒนาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของอาจารย์ และส่วนของนักศึกษา แนวคิดการทำงานจะคล้ายกับ Google Classroom [16] โดยอาจารย์ทำหน้าที่สร้างห้องสำหรับวิชาที่สอน และให้นักศึกษาทำการเข้าสู่ระบบ ผ่านรหัสผ่านของห้องที่ถูกสร้างขึ้นมา ซึ่งแต่ละห้องจะมีรหัสเป็นของตนเองไม่ซ้ำกัน

รูปที่ 1 เป็นการออกแบบการทำงานของระบบโดยรวมสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนติดต่อผู้ใช้ (Front-End) พัฒนาโดยภาษา Vue ในการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) และส่วนระบบจัดการผู้ใช้ (Back-End) พัฒนาโดยภาษา Python เพื่อการทำงานด้านการตรวจจับและจดจำใบหน้า การตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า รวมถึงการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ของการมาเรียน ความสนใจ และไม่สนใจของนักศึกษาแต่ละบุคคล การออกแบบส่วนเชื่อมต่อระหว่างส่วนติดต่อผู้ใช้และส่วนระบบจัดการผู้ใช้จะมีการรับส่งข้อมูลผ่านเซิร์ฟเวอร์ทั้ง 2 โดยตรง และการรับส่งข้อมูลผ่านฐานข้อมูลแบบ NoSQL บน Firebase โดยมีการเรียกใช้ข้อมูล และบันทึกข้อมูลลง Firebase เพื่อนำข้อมูลไปแสดงในส่วนของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

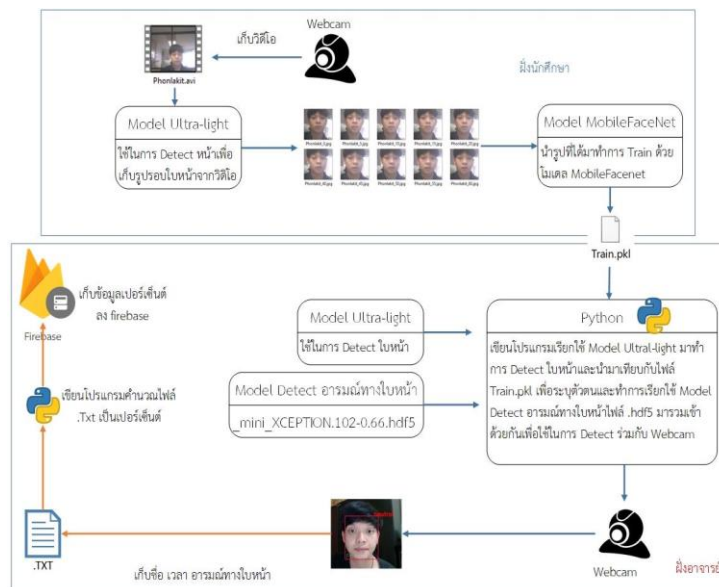


รูปที่ 1. ภาพรวมการทำงานของระบบ

### 3.2 กระบวนการตรวจจับทางใบหน้า การจดจำใบหน้า และการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า

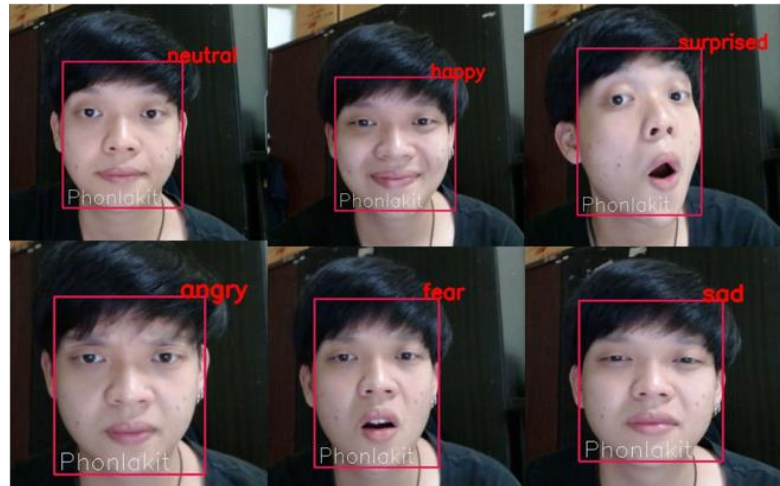
ระบบที่ออกแบบนี้จำเป็นต้องมีกระบวนการในการตรวจจับ 3 ประเภท คือ การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) การจดจำใบหน้า (Facial Recognition) และ การตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า (Emotional Detection or Facial Expression Detection) ซึ่งทั้งสามวิธีการตรวจจับ จะทำงานร่วมกันก่อนที่จะประมวลผลเป็นผลลัพธ์การเข้าชั้นเรียน ความสนใจ และไม่สนใจในการเรียนของนักศึกษา

จากรูปที่ 2 แสดงการทำงานของกระบวนการตรวจจับที่เกี่ยวข้องกับใบหน้า ขณะที่นักศึกษาทำการสร้างการเรียนรู้ใบหน้าของตนเอง โดยบันทึกใบหน้าตรง ก้ม เงย หันซ้าย หันขวา ผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้งานฝั่งนักศึกษา ผ่านกล้องเว็บแคม ขั้นตอนนี้จะใช้เวลาไม่เกิน 60 วินาที บันทึกใบหน้านักศึกษาเป็นภาพวิดีโอ .avi ส่งผ่านเข้าแบบจำลองการเรียนรู้ Ultra-Light (Ultralight Model) เพื่อทำการสร้างกรอบครอบใบหน้าของนักศึกษาในภาพวิดีโอ .avi แล้วแปลงเป็นภาพ .jpg โดย 1 วินาที จะเก็บภาพ 1 ภาพ จากนั้นนำภาพที่ได้ทำการเรียนรู้เข้ากับแบบจำลองการเรียนรู้ MobileFaceNet (MobileFaceNet Model) ทำการแยกแยะว่านักศึกษาแต่ละคนคือใคร โดยแปลงให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ .pkl ขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาฝั่งอาจารย์ หากมีการเปิดกล้องวิดีโอ เพื่อทำการตรวจจับใบหน้าของนักศึกษาขณะมีการเรียนการสอนแบบจำลอง Ultralight จะเรียกใช้ไฟล์ .pkl ที่ได้ก่อนหน้านี้ มาทำงานร่วมกันเพื่อทำการตรวจสอบว่าใบหน้าของนักศึกษาที่ตรวจจับได้คือใคร และทำงานร่วมกับแบบจำลองการเรียนรู้ mini-Xception เพื่อทำการตรวจสอบสถานะการแสดงออกอารมณ์ทางใบหน้าแบบเรียลไทม์ และจะมีการเขียนไฟล์ ซึ่งมีรายละเอียดประกอบด้วย เวลาที่ตรวจจับ ใบหน้าของใคร และอารมณ์ทางใบหน้าที่แสดง ทุก 1 วินาที เป็น .txt ทั้งนี้ที่มีการหยุดทำงานของการถ่ายภาพวิดีโอฝั่งอาจารย์ ไฟล์ .txt ดังกล่าวจะถูกคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความสนใจและไม่สนใจในชั้นเรียน รวมถึงการเข้าเรียนของนักศึกษาแต่ละคน พร้อมกับส่งข้อมูลนี้ไปอัปเดตในฐานข้อมูล Firebase



รูปที่ 2. ความสัมพันธ์ของการใช้แบบจำลองการเรียนรู้ตรวจจับใบหน้า และอารมณ์ทางใบหน้า

สำหรับพื้นฐานชุดข้อมูลการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า ประกอบไปด้วยหน้า “ปกติ (Neutral)” “มีความสุข (Happy)” “ประหลาดใจ (Surprised)” “โกรธ (Angry)” “เศร้า (Sad)” และ “กลัว (Fear)” ดังรูปที่ 3 อ้างอิงจากแบบจำลองการเรียนรู้ mini-Xception ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าได้ในทางปฏิบัติ มีพื้นฐานการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน โดยสามารถให้ความแม่นยำในการตรวจจับประมาณ 66%



รูปที่ 3. ภาพชุดข้อมูลอารมณ์ทางใบหน้าทั้ง 6 ประเภท

### 3.3 กระบวนการตรวจสอบสถานะการเข้าชั้นเรียน

ในการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษา โดยปกติจะมีสถานะของการเข้าชั้นเรียนดังต่อไปนี้ การเข้าเรียนปกติ การขาดเรียน และการเข้าชั้นเรียนสาย ระบบที่นำเสนอมีแนวความคิดการเช็คการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษา โดยเริ่มทำการนับเวลาจากเวลาเริ่มต้นการบันทึก และเวลาสิ้นสุดการบันทึกของกล้องวิดีโอฝั่งอาจารย์

กำหนดให้

$$\text{เวลาทั้งหมดที่บันทึก (วินาที)} = \text{เวลาสิ้นสุดการบันทึก} - \text{เวลาเริ่มต้นการบันทึก} \quad (1)$$

$$\text{เวลาการเข้าชั้นเรียน 2 ใน 3 (วินาที)} = \frac{(1) * 2}{3} \quad (2)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเข้าชั้นเรียน (\%)} = \frac{(2) * 100\%}{(1)} \quad (3)$$

การเข้าเรียนปกติ ทำการพิจารณาจากเวลาทั้งหมดที่บันทึกของคาบเรียน ตามสมการที่ (1) อ้างอิงการเรียนต่อหนึ่งครั้ง เท่ากับ 3 ชั่วโมง หากนักศึกษาอยู่ในชั้นเรียนมากกว่า 2 ชั่วโมง จาก 3 ชั่วโมง หรือ 2

ใน 3 ของเวลาการเข้าชั้นเรียน ตามสมการที่ (2) หรือเปอร์เซ็นต์การเข้าชั้นเรียน ตามสมการที่ (3) มากกว่า 66.66% ถือเป็นเข้าเรียนตามปกติ

การขาดเรียน ทำการพิจารณาจากเวลาทั้งหมดของคาบเรียน โดยนับเวลารวมของนักศึกษาในห้องเรียนหากมีเปอร์เซ็นต์การเข้าชั้นเรียนต่ำกว่า 66.66% ถือเป็นขาดเรียน

การเข้าชั้นเรียนสาย ตรวจสอบโดยการพิจารณาว่า นักศึกษาคนใดมีการ Detect เริ่มต้นหลังจากเวลาที่กล้องของอาจารย์เริ่มไปแล้ว 30 นาที หรือ 1,800 วินาที จะถือว่านักศึกษาคนนั้นเข้าเรียนสาย

### 3.4 กระบวนการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสนใจ หรือไม่สนใจในชั้นเรียน จากการแสดงอารมณ์ทางใบหน้า

ความสนใจและไม่สนใจของนักศึกษา สามารถแยกประเภทจากข้อสันนิษฐานลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าที่ทางผู้จัดทำกำหนดขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มีความสนใจ ประกอบด้วย “ปกติ (Neutral)” “มีความสุข (Happy)” และ “ประหลาดใจ (Surprised)”

มีความไม่สนใจ ประกอบด้วย “โกรธ (Angry)” “เศร้า (Sad)” และ “กลัว (Fear)”

ตารางที่ 1. ตัวอย่างผลรวมจำนวนครั้งที่ตรวจจับลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าของ นาย A

ลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า	จำนวน (ครั้ง)
ปกติ (Neutral)	6,000
มีความสุข (Happy)	2,000
ประหลาดใจ (Surprised)	400
เศร้า (Sad)	600
โกรธ (Angry)	200
กลัว (Fear)	800
รวม	10,000

ตัวอย่างการคำนวณลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าที่รายบุคคล สมมติ นาย A มีผลรวมจำนวนครั้งที่ตรวจจับได้ทั้งหมดคือ 10,000 ครั้ง สามารถแยกจำนวนครั้งได้ตามตารางที่ 1

จากตารางที่ 2 แสดงการแยกจำนวนครั้งของลักษณะทางอารมณ์บนใบหน้าแบ่งตามประเภทของความสนใจ และความไม่สนใจ สามารถนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของแต่ละอารมณ์ทางใบหน้า เปอร์เซ็นต์ความสนใจ และเปอร์เซ็นต์ความไม่สนใจในการเรียน ดังสมการที่ (4) – (6) ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 3 กำหนดให้

$$\text{เปอร์เซ็นต์แต่ละอารมณ์ทางใบหน้า (\%)} = \frac{\text{จำนวนครั้งของอารมณ์ทางใบหน้า}}{\text{จำนวนผลรวมของอารมณ์ทางใบหน้าทั้งหมด}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสนใจ (\%)} = \frac{\text{จำนวนครั้งของอารมณ์กลุ่มสนใจ}}{\text{จำนวนผลรวมของอารมณ์ทางใบหน้าทั้งหมด}} \times 100 \quad (5)$$



$$\text{เปอร์เซ็นต์ความไม่สนใจ (\%)} = \frac{\text{จำนวนครั้งของอารมณ์กลุ่มไม่สนใจ}}{\text{จำนวนผลรวมของอารมณ์ทางใบหน้าทั้งหมด}} \times 100 \quad (6)$$

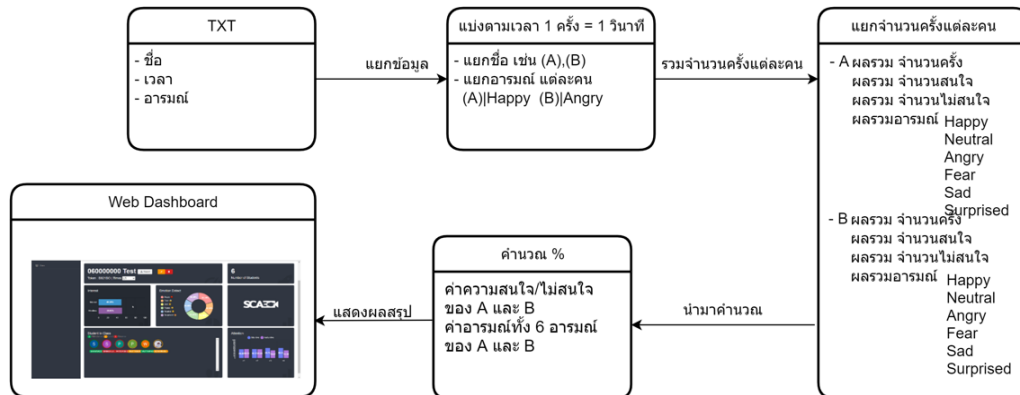
ตารางที่ 2. ผลรวมจำนวนครั้งที่ตรวจจับลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าของนาย A แยกตามความสนใจ และความไม่สนใจ

ลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า	จำนวน (ครั้ง)
<b>มีความสนใจ</b>	
ปกติ (Neutral)	6,000
มีความสุข (Happy)	2,000
ประหลาดใจ (Surprised)	400
<b>รวม</b>	<b>8,400</b>
<b>มีความไม่สนใจ</b>	
เศร้า (Sad)	600
โกรธ (Angry)	200
กลัว (Fear)	800
<b>รวม</b>	<b>1,600</b>

ตารางที่ 3. เปอร์เซนต์การตรวจจับลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าของนาย A แยกตามความสนใจ และความไม่สนใจ

ลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า	เปอร์เซ็นต์ (%)
<b>มีความสนใจ</b>	
ปกติ (Neutral)	60
มีความสุข (Happy)	20
ประหลาดใจ (Surprised)	4
<b>รวม</b>	<b>84</b>
<b>มีความไม่สนใจ</b>	
เศร้า (Sad)	6
โกรธ (Angry)	2
กลัว (Fear)	8
<b>รวม</b>	<b>16</b>

กรณีหากมีการคำนวณความสนใจ และไม่สนใจตามจำนวนนักศึกษาที่เข้าเรียน ก็จะทำให้การนำผลของลักษณะทางอารมณ์ของนักศึกษาทุกคนมารวมกันเป็นจำนวนครั้ง แล้วใช้สมการที่ (4) - (6) คำนวณหาผลลัพธ์เปอร์เซ็นต์ความสนใจ และไม่สนใจทั้งหมดออกมา รายละเอียดโดยสรุปของการทำงานทั้งหมดถูกแสดงดังรูปที่ 4 เป็นภาพไดอะแกรมการทำงานเพื่อการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสนใจ และไม่สนใจในการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป



รูปที่ 4. โดอะแกรมการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสนใจ และไม่สนใจในชั้นเรียนของนักศึกษาแยกตามบุคคล

#### 4. ผลการทดลอง

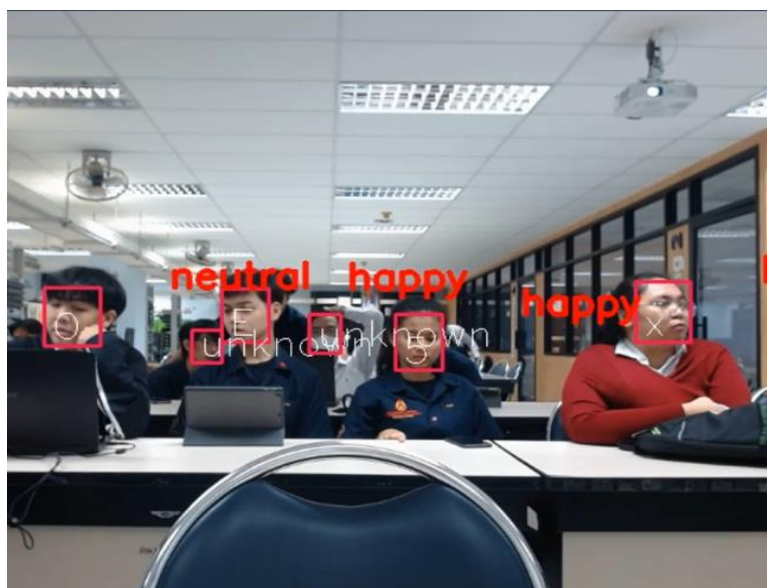
เป้าหมายของผู้วิจัยคือการพัฒนาระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนและประเมินความสนใจผ่านลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าด้วยกล้องเว็บแคม ต้องสามารถพัฒนา และใช้งานได้จริงสะดวกต่อการใช้งานระหว่างอาจารย์และนักศึกษา การทำงานและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนามนภาษา Python เพื่อสั่งให้ระบบทำการตรวจจับใบหน้าของนักศึกษาในชั้นเรียนผ่านกล้องเว็บแคม (Webcam) แบบเรียลไทม์ได้ ขณะที่เลือกใช้ Vue.js ในการพัฒนาส่วนแสดงผลและส่วนติดต่อผู้ใช้ ระหว่างอาจารย์ และนักศึกษา

งานวิจัยนี้ถูกทดสอบหลังจากการพัฒนา ระบบ โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราชญ์บุรี การทดลองจะแสดงผลลัพธ์ผ่าน Dashboard สามารถสรุปสถานะการเข้าชั้นเรียน และเปอร์เซ็นต์ความสนใจ และไม่สนใจในการเรียนผ่านลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งแสดงหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้ผ่าน Dashboard แสดงจำนวนนักศึกษาอาสาสมัครที่ทดสอบในระบบนี้ จำนวน 4 คน แสดงการมาเรียนปกติ ขาดเรียน และสาย สามารถสรุปผลรวมเปอร์เซ็นต์ความสนใจ และไม่สนใจครั้งล่าสุดในการเรียนผ่านลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าแยกตามรายบุคคล (กราฟแท่งด้านซ้าย และกราฟวงกลมแยกประเภทอารมณ์ทางใบหน้า 6 ประเภท) และค่าเฉลี่ยผลรวมความสนใจ และไม่สนใจของนักศึกษาทั้งห้องจำนวน 3 ครั้งล่าสุด (กราฟแท่งมุมขวาล่าง) โดยการทดสอบในแต่ละครั้ง ใช้เวลาตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าของนักศึกษา ครั้งละ 30 นาที



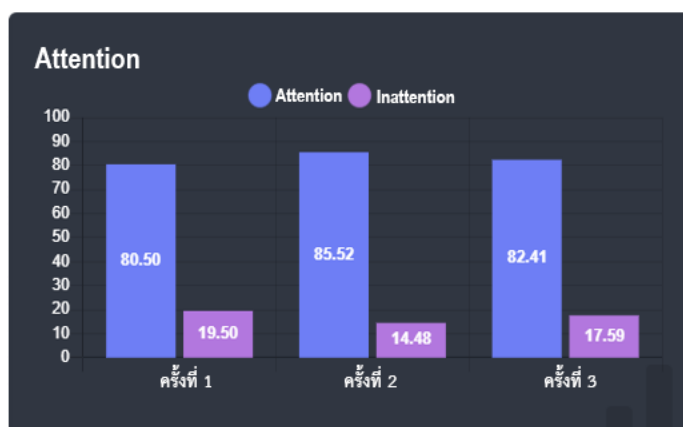
รูปที่ 5. Dashboard แสดงผลลัพธ์การเข้าชั้นเรียน และเปอร์เซ็นต์ความสนใจ และความไม่สนใจ ผ่านลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า

รูปที่ 6 เป็นการเปิดกล้องวิดีโอของอาจารย์ประจำวิชา ทำการตรวจจับลักษณะอารมณ์ทางใบหน้า ของนักศึกษาจำนวน 4 คน แบบเรียลไทม์ นอกจากนี้จะสังเกตได้ว่า คนที่ไม่ได้ทำการเพิ่มข้อมูลใบหน้าลงในระบบทางด้านหลัง จะแสดงผลเป็น Unknown



รูปที่ 6. ภาพการตรวจจับอารมณ์ผ่านใบหน้าของนักศึกษาที่ทำการทดสอบ จำนวน 4 คน

จากรูปที่ 7 แสดงผลลัพธ์เปอร์เซ็นต์ของความสนใจเมื่อเทียบกับความไม่สนใจ ในชั้นเรียนของนักศึกษาทั้งชั้นเรียน 3 ครั้งล่าสุด จะสังเกตว่า นักศึกษามีความสนใจโดยเฉลี่ยมากกว่า 80% ในขณะที่ความไม่สนใจโดยเฉลี่ย น้อยกว่า 20% ซึ่งปกติลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าในการเรียนจะอยู่ที่ปกติ (Neutral) เกือบ 60% ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องปกติ ในการเรียนในชั้นเรียน



การทดลอง	อารมณ์ทางใบหน้า						ความสนใจ	
	Angry	Fear	Sad	Happy	Neutral	Surprised	สนใจ	ไม่สนใจ
ครั้งที่ 1	14.28	3.33	1.90	56.06	21.26	3.19	80.50	19.50
ครั้งที่ 2	8.75	3.89	1.84	77.13	5.25	3.14	85.52	14.48
ครั้งที่ 3	5.07	4.38	8.14	44.07	31.66	6.68	82.41	17.59
รวม	28.10	11.60	11.88	177.26	58.17	13.01	248.43	51.57
ค่าเฉลี่ย	9.37	3.87	3.96	59.09	19.39	4.34	82.81	17.19

รูปที่ 7. ผลลัพธ์การแสดงผลเปอร์เซ็นต์ความสนใจ และความไม่สนใจ ของนักศึกษาทั้งห้อง จากการทดลองระบบจำนวน 3 ครั้ง กรณีนักศึกษาจำนวน 4 คน (ทั้งห้อง)

## 5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนและประเมินความสนใจผ่านลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าด้วยกล้องเว็บแคม อาศัยการทำงานของแบบจำลองการตรวจจับใบหน้า MobileFaceNet ทำงานร่วมกับแบบจำลองการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า Mini-Xception ซึ่งทั้งสองแบบจำลองสามารถนำมาพัฒนาเป็นระบบงานที่ทำงานได้จริง ถึงแม้ว่าแบบจำลองการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าจะมีความแม่นยำประมาณ 66% [9] แต่ก็สามารถพิสูจน์ได้ว่าสามารถตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าได้จริง ระบบที่นำเสนอให้ความสำคัญของการเข้าชั้นเรียนจึงได้นำเสนอแนวทางในการวัดจำนวนการเข้าชั้นเรียนจากระยะเวลาที่นักศึกษาอยู่ในห้อง ซึ่งต้องอยู่ในห้องเรียนอย่างน้อยเป็นจำนวน 2 ใน 3 ของเวลาที่ระบบเริ่มตรวจจับใบหน้าจนถึงสิ้นสุดการตรวจจับใบหน้า การมาสายจะอ้างอิงจากการที่นักศึกษาถูกตรวจจับหลังจากที่ระบบเริ่มทำงานไปแล้ว 30 นาที ในขณะที่การแสดงผลว่านักศึกษามีความเป็นไปได้ในการสนใจหรือไม่สนใจเรียนในชั้นเรียน อ้างอิงจากอารมณ์ทางใบหน้า สามารถแยกกลุ่มความสนใจจากใบหน้า “ปกติ” “มี

ความสุข” “ประหลาดใจ” ขณะที่ ไม่สนใจถูกสันนิษฐานจากใบหน้า “เศร้า” “โกรธ” และ “กลัว” ตามลำดับ

การใช้งานระบบจะถูกแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ ส่วนของนักศึกษาจะสามารถเข้าใช้ระบบผ่านรหัสเข้าร่วมการใช้งานจากอาจารย์ ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลความสนใจ และไม่สนใจในการเรียนของตนเอง และทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มข้อมูลใบหน้าของแต่ละบุคคล ขณะที่ส่วนของอาจารย์จะแสดงผลสรุปรวมของเปอร์เซ็นต์การสนใจและไม่สนใจเรียนของนักศึกษาทั้งห้องและรายบุคคลในแต่ละครั้ง และแบบรวมทั้งหมดของวิชานั้น ๆ ที่นักศึกษาได้ทำการเข้าสู่ระบบ รวมถึงสถานการณ์เข้าชั้นเรียนของนักศึกษาในเวลาเดียวกัน

## 6. การอภิปรายผล

ในการทดลองระบบจำเป็นต้องมีการวางตำแหน่งกล้องให้เหมาะสม รวมถึงแสงสว่างที่เพียงพอคือสามารถเห็นใบหน้านักศึกษาได้ชัดเจนจะทำให้สามารถตรวจจับใบหน้าและอารมณ์ทางใบหน้าได้อย่างแม่นยำ ในงานวิจัย [17] ทำการทดลองตรวจจับใบหน้า ทำทาง ผ่านกล้องแบบกว้างและแบบแคบ ปัจจัยที่ทำให้ตรวจจับได้อย่างแม่นยำหรือไม่แม่นยำคือ แสงในห้องทดลอง และความละเอียดของกล้อง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของผู้วิจัยที่แสงที่ไม่เพียงพอ ส่งผลต่อการตรวจจับใบหน้า และขนาดของ Pixel ของกล้องเว็บแคมที่ใช้มีขนาดความละเอียดของภาพ (Resolution) เพียง 720 p ดังนั้นการทดลองตรวจจับตำแหน่งที่เหมาะสมควรฉายกล้องให้ครอบคลุมจำนวนนักศึกษาที่ต้องทำการทดลอง ผ่านกล้องที่มีคุณภาพความละเอียดที่สูงเท่าที่จะทำได้ จากการทดลองในรูปแบบที่ 6 ในห้องปฏิบัติการ หากวางตำแหน่งไว้สูงกว่านักศึกษาในแถวที่ 1 จะสามารถเห็นครอบคลุมนักศึกษาในแถวที่ 2 ได้ ซึ่งจำนวนนักศึกษาที่สามารถทดลอง หากวางกล้องในตำแหน่งที่เหมาะสมจะสามารถถ่ายใบหน้าได้ทั้งหมด 8 คน จากแถวที่หนึ่งและแถวที่สอง สำหรับกรณีที่เกิดข้อมูล UNKNOWN ปรากฏขึ้นเนื่องจาก นักศึกษาไม่ได้ถูกทำการเรียนรู้ใบหน้าก่อนเข้าชั้นเรียนทำให้ผลลัพธ์ที่ได้แสดงออกมาดังรูปที่ 6 แต่ในบางครั้งจากปัญหาเรื่องแสงและการวางกล้องที่ไม่เหมาะสม อาจส่งผลต่อผู้ที่นั่งอยู่แถวด้านหน้าด้านขอบซ้าย หรือขอบขวา เกิดผลลัพธ์ที่เป็น UNKNOWN ขึ้นมาเป็นบางครั้ง เนื่องจากปัจจัยดังกล่าว รวมถึงปัจจัยของแบบจำลองการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าที่นำมาใช้ มีความแม่นยำเพียง 66% ดังนั้นหากต้องการให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยลง จำเป็นต้องพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาเองให้มีความแม่นยำสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย [18] ที่พัฒนาแบบจำลองที่มีความแม่นยำในการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าได้ถึง 99.81% ขณะที่การเกิด UNKNOWN ขึ้นย่อมส่งผลต่อข้อมูลในการคำนวณความสนใจหรือไม่สนใจ แต่เนื่องจากระบบที่พัฒนาไม่ได้เก็บข้อมูลในส่วนนี้ จึงไม่ได้ถูกนำมาคำนวณกับอารมณ์ทางใบหน้าที่อื่น ๆ ทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนไปบ้าง แต่จากการทดลองเกิดขึ้นเพียง 2-3 ครั้งต่อการเก็บข้อมูลทั้งหมด 30 นาที ในส่วนนี้จึงสามารถยอมรับได้

จากตัวอย่างการคำนวณของนาย A ตามตารางที่ 1 – 3 นาย A แสดงอารมณ์ทางใบหน้า 10,000 ครั้ง ตามอารมณ์ประเภทต่าง ๆ เมื่อ 1 ครั้ง เท่ากับ 1 วินาที ดังนั้น 10,000 ครั้ง เท่ากับ 10,000 วินาที เมื่อแปลงหน่วยเป็นนาทีจะเท่ากับ 166.66 นาที หรือ 2 ชั่วโมง 47 นาที โดยประมาณ ซึ่งในการทดสอบจริง ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาจำนวน 4 คน และทดสอบเพียง 30 นาที ต่อหนึ่งครั้ง เพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาทดลอง โดยเวลาทั้งหมดเท่ากับ 1,800 วินาที เท่ากับนักศึกษาแต่ละคนจะมีการแสดงอารมณ์ทางใบหน้าเท่ากับ 1,800 ครั้ง

งานวิจัยที่นำเสนอสอดคล้องกับ [15] ซึ่งใช้ลักษณะอารมณ์ทางใบหน้าในการตรวจสอบอารมณ์ของนักศึกษาว่ามีความเครียดหรือไม่ขณะที่มีการเรียนการสอนในห้องเรียน ซึ่งใช้แบบสอบถามประกอบการประเมินผลว่าระบบที่ใช้สามารถลดความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนหรือไม่ ในขณะที่ระบบของผู้วิจัยตั้งข้อสันนิษฐานของการสนใจไม่สนใจในการเรียนผ่านลักษณะกลุ่มของอารมณ์ ซึ่งให้ผลที่น่าพอใจในแง่ของระบบที่สามารถแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ แต่ยังคงขาดทดสอบในการพิสูจน์ว่านักศึกษากลุ่มที่ใช้ระบบนี้ มีความสนใจจริงหรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะทดสอบโดยดูจากผลลัพธ์การทดสอบย่อยในห้องเรียน เทียบกับระบบที่วัดความสนใจ หรือไม่สนใจว่ามีความใกล้เคียงกันหรือไม่ ในการทำวิจัยครั้งต่อไป

## 7. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

### 7.1 ข้อจำกัด

งานวิจัยเลือกใช้แบบจำลองตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้า ซึ่งถูกพัฒนาโดยผู้อื่น ก่อให้เกิดความแม่นยำค่อนข้างต่ำ การตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าที่ยังคงมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น หากใบหน้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอารมณ์อย่างทันทีทันใด ระบบประมวลผลที่ใช้ในการทดสอบ มี GPU (Graphics Processing Unit) รองรับอัตราการประมวลผลภาพที่ต่ำ บางครั้งเกิดการสะดุดขณะที่มีการตรวจจับใบหน้า การเปลี่ยนการ์ดจอ หรือใช้ GPU เฉพาะที่มีอัตราการประมวลผลภาพที่สูงจึงเป็นสิ่งจำเป็น และกล้องเว็บแคมที่มีอัตราความละเอียดของภาพ 720 P ส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับภาพด้วย ปัจจัยของการวิเคราะห์ว่านักศึกษาไม่สนใจ ยังมีเรื่องของท่าทางของนักศึกษามาเกี่ยวข้อง เช่นการนอนหลับ การใช้โทรศัพท์ไร้สายขณะที่ทำการเรียนอยู่ ระบบในอนาคตควรเพิ่มการตรวจสอบปัจจัยทั้งสองเข้าไป จะทำให้ความแม่นยำของการไม่สนใจชัดเจนมากยิ่งขึ้น

### 7.2 ข้อเสนอแนะ

พัฒนาแบบจำลองการตรวจจับอารมณ์ทางใบหน้าให้มีประสิทธิภาพความแม่นยำที่มากกว่า 66% คอมพิวเตอร์ฝั่งอาจารย์ควรเลือกใช้ GPU ที่มีอัตราประมวลผลภาพสูงอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 60 FPS: Frame Per Second เพื่อลดการหน่วงของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อาจเกิดขึ้นทำให้ผลของการตรวจจับภาพขาดหายระหว่างการใช้งานได้

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนในการนำเสนองานวิจัยจากคณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

## เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Jiranantanagorn, P. and Shen, H. 2016. Sentiment analysis and visualisation in a backchannel system. In Proceedings of the 28<sup>th</sup> Australian Conference on Computer-Human Interaction, 353-357.

- [2] Leitner, P., Kung-Keat, T. and Ng, J. 2016. Confused, bored, excited? An emotion based approach to the design of online learning systems. In 7<sup>th</sup> International Conference on University Learning and Teaching (InCULT 2014) Proceedings, 221-233. Springer, Singapore.
- [3] Behnke, S. 2003. Hierarchical neural networks for image interpretation. Vol. 2766. Springer.
- [4] Essid, O., Laga, H. and Samir, C. 2018. Automatic detection and classification of manufacturing defects in metal boxes using deep neural networks. *PLoS ONE*, 13(11), e0203192.
- [5] วัชรชัย คงศิริวัฒนา และสรัญญา สว่างศรี. 2563. การตรวจสอบคุณภาพของถุงปูนด้วยวิธีการประมวลผลภาพโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน: กรณีศึกษากระบวนการผลิตถุงปูนซีเมนต์. *PSRU Journal of Science and Technology*, 5(1), 93-106. [Watcharachai Kongsiriwattana and Sarunya Sawangsri. 2020. The Quality Detection of Cement Bags by Using Image Processing with Convolutional Neural Networks: Case Study of a Manufacture Production Line of Cement Bags. *PSRU Journal of Science and Technology*, 5(1), 93-106. (in Thai)]
- [6] Datta, A.K., Datta, M. and Banerjee, P.K. 2015. Face Detection and Recognition: Theory and Practice. Chapman and Hall/CRC.
- [7] Kortli, Y., Jridi, M., Falou, A.A. and Atri, M. 2020. Face Recognition Systems: A Survey. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(2), 342.
- [8] Tarnowski, P., Kolodziej, M., Majkowski, A. and Rak, R.J. 2017. Emotion recognition using facial expressions. *Procedia Computer Science*, 108, 1175-1184.
- [9] Arriaga, O., Valdenegro-Toro, M. and Plöger, P. 2017. Real-time convolutional neural networks for emotion and gender classification. Available at: <https://arxiv.org/abs/1710.07557>. Retrieved 9 Jan 2021.
- [10] Ultra-Light Fast Generic Face Detector [Online], Available at: <https://github.com/Linzaer/Ultra-Light-Fast-Generic-Face-Detector-1MB>. Retrieved 30 November 2020.
- [11] Yang, D., Alsadoon, A., Prasad, P.W.C., Singh, A.K. and Elchouemi, A. 2018. An emotion recognition model based on facial recognition in virtual learning environment. *Procedia Computer Science*, 125, 2-10.
- [12] Krithika, L.B. and Lakshmi, P.G.G. 2016. Student emotion recognition system (SERS) for e-learning improvement based on learner concentration metric. *Procedia Computer Science*, 85, 767-776.

- [13] Khalfallah, J. and Slama, J.B.H. 2015. Facial expression recognition for intelligent tutoring systems in remote laboratories platform. *Procedia Computer Science*, 73, 274-281.
- [14] Putra, W.B. and Arifin, F. 2019. Real-Time Emotion Recognition System to Monitor Student's Mood in a Classroom. *Journal of Physics: Conference Series*, 1413, 012021.
- [15] Jiranantanagorn, P., Bhardwaj, P., Li, R., Shen, H., Goodwin, R. and Teoh, K.K. 2015. Designing a Mobile Digital Backchannel System for Monitoring Sentiments and Emotions in Large Lectures. In Proceedings of the ASWEC 2015 24<sup>th</sup> Australasian Software Engineering Conference, 141-144.
- [16] Google Classroom for Education [Online], Available at: <https://edu.google.com/products/classroom/>. Retrieved 9 January 2021.
- [17] Prince, S.J.D., Elder, J., Hou, Y., Sizinstev, M. and Olevskiy, E. 2006. Towards Face Recognition at a Distance, IET Conference on Crime and Security, London, 570-575.
- [18] Hassouneh, A., Mutawa, A.M. and Murugappan, M. 2020. Development of a Real-Time Emotion Recognition System Using Facial Expressions and EEG based on machine learning and deep neural network methods. *Informatics in Medicine Unlocked*, 20, 100372.