

ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์

A Smoking Detection and Alert System for Prohibited Smoking Areas using Computer Vision

เสนอ สะอาด ครุณี ชายทอง รุ่งลาวัลย์ ชูสวัสดิ์ อภิรักษ์ เสือเดช และ สุนทร รุ่งเรืองใบหยก*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย sunthorn.r@rmuts.ac.th*

บทคัดย่อ

ปัญหาการสูบบุหรี่ในที่สาธารณะยังคงส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสร้างความเดือดร้อนอย่างต่อเนื่อง แม้จะมีกฎหมายควบคุมอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาระบบอัตโนมัติเพื่อตรวจสอบและแจ้งเตือนการฝ่าฝืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ บทความนี้จึงนำเสนอต้นแบบระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบโดยใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ระบบคือ การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของแขนด้วย MediaPipe เพื่อระบุพฤติกรรมสูบบุหรี่ และการตรวจจับภาพควันบุหรี่ด้วยโมเดล YOLO จากการทดสอบพบว่าระบบมีประสิทธิภาพที่สามารถตรวจจับและส่งเสียงแจ้งเตือนผู้สูบบุหรี่ และบันทึกหลักฐานภาพถ่ายไปยังผู้ดูแลสถานที่ได้ อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดที่ทำให้เกิดความผิดพลาดได้จากปัจจัยภายนอก เช่น สภาพแสงหรือสภาพอากาศ รวมถึงการแยกแยะท่าทางการสูบบุหรี่จริงออกจากท่าทางที่ใกล้เคียงอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะพัฒนาต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: การตรวจจับการสูบบุหรี่ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ ระบบแจ้งเตือน

Abstract

The problem of public smoking continues to impact public health and cause disturbance, even though there are clear laws. Consequently, it is necessary to develop an automated system that can monitor and alert for violations efficiently. This paper presents a prototype for a smoking detection and alert system in non-smoking areas using computer vision techniques. The proposed system consists of two parts: arm movement analysis with MediaPipe to identify smoking behavior, and smoke detection using the YOLO model. Experimental results show the system is effective, capable of detecting smokers, sending voice notifications to warn violators, and capturing photographic evidence for facility administrators. However, the system has limitations and may produce errors due to external factors, such as light conditions or weather. Furthermore, it lacks efficiency in classifying smoking gestures from similar actions. These limitations will be addressed in future work.

Keywords: Smoking Detection, Computer Vision, Alert System

1. บทนำ

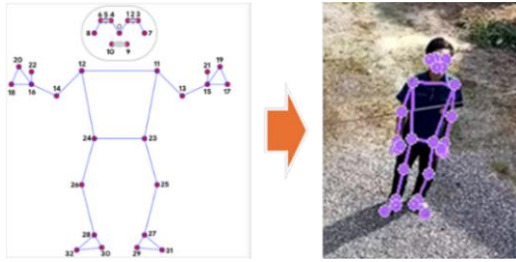
ควันบุหรี่ที่ผู้สูบบุหรี่ออกมาเป็นแหล่งกำเนิดของสารพิษกว่า 100 ชนิด โดยประมาณ 70 ชนิดเป็นสารก่อมะเร็งซึ่งสามารถตกค้างในอากาศและพื้นผิวได้นาน ก่อให้เกิดภาวะควันบุหรี่มือสองซึ่งเป็นภัยต่อสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่โดยเฉพาะเด็กเล็ก จากข้อมูลปี พ.ศ. 2565 พบว่าร้อยละ 67 ของเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปีมีอาการหอบเหนื่อยพลันจากการสูดดมควันบุหรี่ และสถานที่ที่พบการสัมผัสควันบุหรี่มือสองมากที่สุดคือ ตลาดสดและร้านอาหาร [1] ถึงแม้ว่าจะมีกฎหมายห้ามสูบบุหรี่ในที่สาธารณะ การฝ่าฝืนก็ยังคงเป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไป จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับและแจ้งเตือนการฝ่าฝืน

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีหลายอย่างมาใช้ในการตรวจจับการสูบบุหรี่ เช่น การใช้เซนเซอร์ MQ-135 ตรวจจับควันบุหรี่ในรถยนต์ [2] หรือการตรวจจับพฤติกรรมสูบบุหรี่ในพื้นที่สาธารณะด้วยการเรียนรู้แบบต่าง ๆ [3, 4] อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัด เช่น ความแม่นยำและความเสถียรในการใช้งานของตัวเซนเซอร์ หรือระบบที่ยังไม่มีการแจ้งเตือนทั้งผู้สูบบุหรี่และผู้ดูแลสถานที่

บทความนี้จึงนำเสนอระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบโดยประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ ระบบนี้ประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ การตรวจจับพฤติกรรมสูบบุหรี่จากลักษณะท่าทาง และการตรวจจับภาพควันบุหรี่ นอกจากนี้ระบบยังสามารถแจ้งเตือนด้วยเสียงผ่านลำโพงและแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลสถานที่ผ่านแอปพลิเคชันเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบได้

2. การวิเคราะห์ท่าทางการสูบบุหรี่ด้วย MediaPipe

MediaPipe เป็นไลบรารีที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อตรวจจับและติดตามจุดสำคัญ (Landmark) บนร่างกายมนุษย์ได้ เช่น ใบหน้า มือ หรือ โครงสร้างร่างกาย ทำให้เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ท่าทางของมนุษย์ โดยเฉพาะเมื่อทำงานร่วมกับโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อปรับปรุงความแม่นยำและความรวดเร็วในการประมวลผล สำหรับการตรวจจับท่าทางการสูบบุหรี่ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวของร่างกายที่มีรูปแบบท่าทางนั้น MediaPipe สามารถประมวลผลท่าทางเหล่านี้ได้โดยระบบจะระบุจุดสำคัญตามร่างกายบนภาพที่บันทึกได้ จากนั้นนำรูปแบบการจัดเรียงและการเคลื่อนที่ของจุดเหล่านี้มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลลักษณะท่าทางเพื่อจำแนกว่าท่าทางดังกล่าวสอดคล้องกับการสูบบุหรี่หรือไม่ การกำหนดจุดสำคัญบนภาพแสดง ดังรูปที่ 1



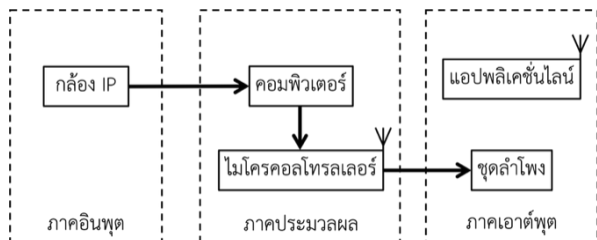
รูปที่ 1 การกำหนดจุดสำคัญบนร่างกาย

3. ระบบการตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่

ระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่มีโครงสร้าง 3 ส่วนคือ ภาคอินพุตจะรับภาพจากกล้องแบบเรียลไทม์ ภาคประมวลผลจะทำการวิเคราะห์ภาพด้วยเทคนิค 2 ส่วน ได้แก่ การตรวจจับท่าทางด้วย MediaPipe และการตรวจจับภาพควันด้วยโมเดล YOLO และส่วนสุดท้ายคือ ภาคเอาต์พุตจะแจ้งเตือนผ่านลำโพงและบันทึกภาพผู้กระทำความผิดส่งให้ผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์โดยแผนภาพบล็อกของระบบแสดง ดังรูปที่ 2

3.1 โครงสร้าง

โครงสร้างของเครื่องมีขนาด 15 x 10 x 20 เซนติเมตร โดยด้านหน้าติดตั้งลำโพงจำนวน 2 ตัว และด้านบนติดตั้งกล้อง IP ภายในตัวเครื่องประกอบด้วยชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12V 5A, บอร์ดลดระดับแรงดัน, บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์, โมดูลเล่นไฟล์เสียง MP3 และโมดูลขยายเสียง ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้ทำงานร่วมกันเพื่อรองรับการประมวลผลและการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบการสูบบุหรี่ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 แผนภาพบล็อกระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบ



รูปที่ 3 โครงสร้างเครื่องแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบ

3.2 การตรวจจับพฤติกรรมการสูบบุหรี่ด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์

ระบบตรวจจับท่าทางการสูบบุหรี่นี้เริ่มต้นกระบวนการด้วยการตรวจจับบุคคลภายในเฟรม หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลท่าทางการยกแขน โดยมีตัวจับเวลาถอยหลัง 60 วินาทีเพื่อเว้นช่วงระยะเวลาห่างของการนับการยกแขนครั้งถัดไป หากตรวจพบจำนวนครั้งของการยกแขนสะสมครบตั้งแต่ 3 ครั้งขึ้นไป ระบบจะสั่งให้มีการแจ้งเตือนด้วยเสียงแบบที่ 1 และถ้าการยกแขนเพิ่มขึ้นจนถึง 5 ครั้งแล้วระบบจะดำเนินการแจ้งเตือนเป็นระดับสูงสุดโดยการปล่อยเสียงแจ้งเตือนแบบที่ 2 พร้อมกับถ่ายภาพหลักฐานและส่งภาพไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ หลังจากนั้นกระบวนการทั้งหมดจะวนกลับไปสู่จุดเริ่มต้นเพื่อรอการตรวจจับภาพในรอบถัดไป ดังรูปที่ 4

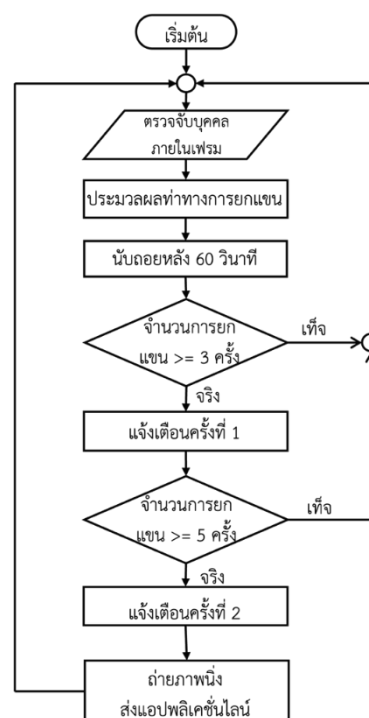
การจำแนกการเคลื่อนไหวของแขนด้วยฟังก์ชัน atan2 ซึ่งใช้หลักการคำนวณมุมระหว่างเวกเตอร์สองอันที่เกิดขึ้นจากตำแหน่งของจุดอ้างอิงสามจุดบนแขน ได้แก่ ข้อไหล่ ข้อศอก และข้อมือ ดังรูปที่ 5 โดยใช้สมการที่ (1) ถ้ามุมที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 160 องศา ระบบจะจัดให้เป็นท่ามือลง แต่ถ้าหากมามีค่าน้อยกว่า 30 องศาและท่าทางก่อนหน้านี้เป็นท่ามือลง ระบบจะจัดให้เป็นท่ายกมือขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนไหวของการสูบบุหรี่ที่มีการยกมือขึ้นลง

$$\theta = \left| (\text{atan2}(\alpha) - \text{atan2}(\beta)) \times \frac{180}{\pi} \right| \quad (1)$$

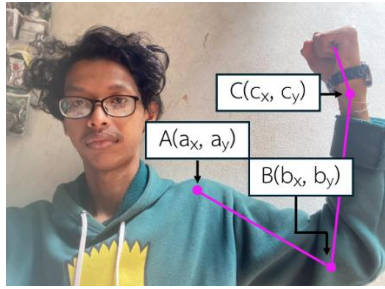
เมื่อ θ คือ มุมการเคลื่อนไหวของแขนมีหน่วยเป็นองศา

α คือ $(c_y - b_y, c_x - b_x)$ หรือเวกเตอร์จากจุด B ไปยังจุด C

β คือ $(a_y - b_y, a_x - b_x)$ หรือเวกเตอร์จากจุด B ไปยังจุด A



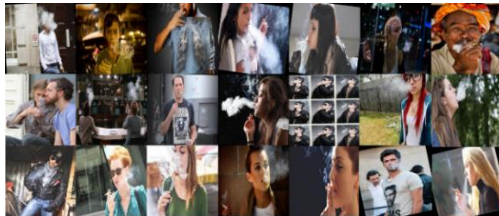
รูปที่ 4 ผังงานการตรวจจับท่าทางการสูบบุหรี่ด้วย MediaPipe



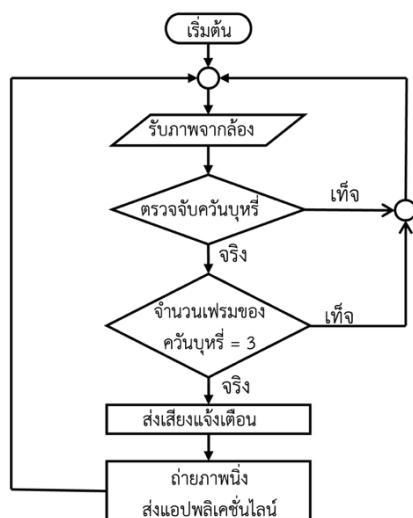
รูปที่ 5 โครงสร้างเครื่องแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในที่ห้ามสูบ

3.3 การตรวจจับภาพควันบุหรี่ด้วย YOLO

ระบบนี้ใช้ YOLO เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการตรวจจับภาพควันบุหรี่ โดยใช้ชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอนทั้งหมด 500 ภาพ ซึ่งประกอบด้วยภาพจากฐานข้อมูล ดังรูปที่ 6 [5] จำนวน 350 ภาพ และภาพที่เพิ่มเติมอีก 150 ภาพ การตรวจจับภาพควันบุหรี่เริ่มจากการรับภาพจากกล้องแล้วทำการวิเคราะห์ หากตรวจไม่พบควันบุหรี่ ระบบจะวนกลับไปรับภาพใหม่ แต่หากตรวจพบ ระบบจะตรวจสอบความต่อเนื่องของเฟรมที่มีควันบุหรี่ ถ้าจำนวนเฟรมต่อเนื่องกันน้อยกว่า 3 เฟรม ระบบจะกลับไปเริ่มต้นใหม่ แต่ถ้าตรวจพบตั้งแต่ 3 เฟรมขึ้นไป ระบบจะส่งเสียงแจ้งเตือนผู้สูบบุหรี่พร้อมกับบันทึกภาพแล้วส่งไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ หลังจากนั้นระบบจะกลับสู่กระบวนการเริ่มต้นเพื่อตรวจจับภาพในรอบถัดไป ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ตัวอย่างชุดข้อมูลสำหรับการเทรนแบบจำลองตรวจจับควัน [5]



รูปที่ 7 ผังงานการตรวจจับภาพควันด้วย YOLO

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

การทดสอบระบบมี 4 หัวข้อ ได้แก่ การวาดจุดสำคัญบนร่างกายด้วย MediaPipe การตรวจจับท่าสูบบุหรี่ด้วยการยกแขน การตรวจจับภาพควันบุหรี่ และการแจ้งเตือนผ่านระบบเสียงและแอปพลิเคชันไลน์ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีแสงสว่างเพียงพอสำหรับการบันทึกภาพ ในมุมมองด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบการวาดจุดสำคัญบนร่างกาย

การทดสอบวาดจุดสำคัญบนร่างกาย (Landmark) จากภาพที่ระยะต่าง ๆ พบว่าระบบสามารถตรวจจับภาพและวาดโครงสร้างร่างกายได้ ดังรูปที่ 8 อย่างไรก็ตาม หากภาพโครงสร้างร่างกายไม่สมบูรณ์ เช่น ไม่สามารถตรวจจับใบหน้าหรือแขนขาได้อย่างชัดเจน (บุคคลในวงรีสีแดง) ระบบจะไม่สามารถกำหนดจุดสำคัญบนร่างกายได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 9

4.2 การทดสอบการตรวจจับท่าสูบบุหรี่ด้วยการยกแขน

จากการทดลองโดยระบุตำแหน่งข้อไหล่ ข้อศอก และข้อมือเพื่อนำมาคำนวณค่าองศาการเคลื่อนไหวของข้อศอกสำหรับการวิเคราะห์ท่าทาง โดยใช้แขนขาจำลองท่าการสูบบุหรี่ ดังรูปที่ 10 และทดสอบในมุมมองต่าง ๆ มุมมองละ 25 ครั้ง ระยะทดสอบตั้งแต่ 1-5 เมตร และทำซ้ำระยะละ 5 รอบ ผลการทดลองพบว่าระบบตรวจจับการยกแขนได้อย่างถูกต้องในมุมมองด้านหน้า ด้านขวา และด้านซ้าย โดยมีค่าเฉลี่ย 23.00-24.00 ครั้ง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.46-2.06 ครั้ง แต่มุมมองด้านหลังไม่สามารถวัดค่าได้ ดังตารางที่ 1 อย่างไรก็ตาม ระบบมีข้อจำกัดเมื่อผู้สูบบุหรี่อยู่ในระยะหรือมุมมองที่ไม่สามารถตรวจจับตำแหน่งข้อศอกหรือข้อมือได้ และการตรวจจับท่าทางที่ใกล้เคียงกัน เช่น ท่าการกิน ดังรูปที่ 11



รูปที่ 8 การตรวจจับภาพบุคคลในมุมมองต่าง ๆ



รูปที่ 9 การตรวจจับภาพบุคคลด้วย MediaPipe ที่ผิดพลาด



รูปที่ 10 การวัดมุมการเคลื่อนที่ของข้อศอก

ตารางที่ 1 จำนวนครั้งที่ถูกต้องของการยกแขนในมุมมองต่าง ๆ

การหันตัวเข้าหากล้อง	ค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
ภาพมุมมองด้านหน้า	24.00 (1.92)
ภาพมุมมองด้านขวา	23.68 (1.46)
ภาพมุมมองด้านซ้าย	23.00 (2.06)
ภาพมุมมองด้านหลัง	ไม่สามารถวัดค่าได้



รูปที่ 11 การตรวจจ้งทำสูบบุหรี่ด้วยการยกแขน

4.3 การทดสอบการตรวจจ้งภาพควันบุหรี่

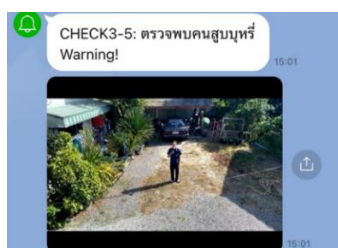
ผลการทดสอบตรวจจ้งภาพควันบุหรี่พบว่าสามารถตรวจจ้งภาพควันได้ถูกต้อง 66.7 % และนับจำนวนเฟรมของภาพควันที่เกิดขึ้นได้ ดังรูปที่ 12 อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดเมื่อความหนาแน่นของควันต่ำหรือผู้สูบบุหรี่อยู่ห่างจากกล้องเกินไปส่งผลให้ความถูกต้องแม่นยำลดลง

4.4 การทดสอบระบบการแจ้งเตือน

การทดสอบนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การแจ้งเตือนด้วยเสียงและการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน โดยจะทำงานเมื่อระบบสามารถตรวจจ้งทำทางหรือควันบุหรี่ได้ ในกรณีของการตรวจจ้งทำทาง เมื่อมีการตรวจพบการยกแขนครบ 3 ครั้ง ระบบจะส่งเสียงแจ้งเตือนเบื้องต้นเพื่อเป็นการเตือนและเมื่อตรวจพบการยกแขนครบ 5 ครั้ง ระบบจะทำการบันทึกภาพพร้อมทั้งส่งเสียงแจ้งเตือนเพื่อยืนยันการฝ่าฝืนทันที ในทำนองเดียวกัน หากระบบตรวจจ้งควันบุหรี่ได้ ระบบจะบันทึกภาพและส่งเสียงแจ้งเตือนเช่นกัน ภาพที่ถูกบันทึกจากทั้งสองเงื่อนไขจะถูกส่งไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันเพื่อใช้เป็นหลักฐานต่อไป ดังรูปที่ 13



รูปที่ 12 การตรวจจ้งภาพควันบุหรี่



รูปที่ 13 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน

5. สรุป

บทความนี้นำเสนอต้นแบบระบบตรวจจ้งและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์ โดยระบบสามารถตรวจจ้งทำสูบบุหรี่และภาพควันบุหรี่ พร้อมส่งเสียงแจ้งเตือนและภาพหลักฐานไปยังผู้ดูแลได้ แต่ระบบยังมีข้อจำกัดจากสภาวะแสง สภาพอากาศ และความคล้ายคลึงของท่าทางที่อาจทำให้เกิดการวิเคราะห์ผิดพลาด ในอนาคตจะมีการเพิ่มและปรับปรุงชุดข้อมูลเพื่อรองรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและรวมระบบทั้งสองเข้าด้วยกันเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ พร้อมพิจารณามาตรการด้านการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล เพื่อให้การใช้งานสอดคล้องกับข้อกำหนดและคำนึงถึงสิทธิส่วนบุคคล

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่ทดลองการสืบค้นข้อมูล การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ทีมงานนักศึกษา นายนพดล บุญสิม และนายรัชเดช อภิรณนที ที่ช่วยดำเนินการวิจัยให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์, สถานการณ์การบริโภคยาสูบของประเทศไทย พ.ศ. 2565, กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2566, ISBN: 978-616-443-799-9.
- [2] G. V. R. Lakshmi, S. D. Bhavani, M. D. Prasad and B. T. Kumar, "Real-Time Smoke Detection Inside Cars using Internet of Things," *2024 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, Lalitpur, Nepal, 2024, pp. 1769-1774, doi: 10.1109/ICICT60155.2024.10544463.
- [3] C. Cui and R. Xu, "Multiple Machine Learning Algorithms for Human Smoking Behavior Detection," *2022 International Conference on Machine Learning and Intelligent Systems Engineering (MLISE)*, Guangzhou, China, 2022, pp. 240-244, doi: 10.1109/MLISE57402.2022.00054.
- [4] Z. Li, C. Wei, and Z. Sun, "Real Time Detection of Drivers Smoking Behavior Using the Improved YOLO-V4 Model," in *Proceedings of the 2022 2nd International Conference on Computer Technology and Media Convergence Design*, 2022, pp. 293-298.
- [5] "Smoke Detection1," Roboflow Universe, [Online]. Available: <https://universe.roboflow.com/smoke-kew96/smoke-detection1-owusa-ol70f>. [Accessed: Dec. 20, 2024].