

การประยุกต์ใช้อัลกอริทึม YOLO นับจำนวนผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์  
สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

People Counting in Computer Rooms Using YOLO Algorithm at Office of  
Academic Resources and Information Technology, Rajamangala University  
of Technology Suvarnabhumi

จुरีพร อ่อนจันทร์<sup>1\*</sup>, อภิลิทธิ์ ต้นพงษ์<sup>2</sup>, ศรัณย์พงษ์ ศรีพูน<sup>3</sup>,  
เอกชัย เนาวนิช<sup>4</sup> และ ธนพร ปฏิกกรณ์<sup>5</sup>

Jureporn Onchan<sup>1\*</sup>, Apisit Tonpong<sup>2</sup>, Saranphong Sripoon<sup>3</sup>, Ekachai Naowanich<sup>4</sup>,  
and Thanaporn Patikorn<sup>5</sup>

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ<sup>1\*,2,3</sup>, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี<sup>4,5</sup> มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Office of Academic Resources and Information Technology <sup>1\*,2,3</sup>, Faculty of Science and Technology

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

E-Mail : jureporn.o@rmutsb.ac.th\*

(Received : April 8, 2025; Revised : November 29, 2025; Accepted : December 11, 2025)

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ 2) ทดสอบประสิทธิภาพของระบบและ 3) ศึกษาความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ สำหรับการพัฒนาระบบใช้ภาษา Python ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows โดยใช้อัลกอริทึม YOLOv8 ในการตรวจจับและนับจำนวนคนในวิดีโอจากกล้องเว็บแคม โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ 1) การทดสอบประสิทธิภาพเป็นนักศึกษาจากเหตุการณ์การเข้า-ออกห้องคอมพิวเตอร์ช่วงเวลาการเปิดให้บริการจริง โดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ แบ่งเป็นตำแหน่งกล้องที่ 1 จำนวน 49 คน และตำแหน่งกล้องที่ 2 จำนวน 64 คน 2) ผู้ใช้งานระบบ ได้แก่ บุคลากรงานฝ่ายเทคโนโลยีการศึกษา และฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ระบบนับผู้เข้า-ออก และแบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) พัฒนาระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ประกอบด้วยการทำงานทั้งหมด 7 ส่วน โดยผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบพบว่า ตำแหน่งการติดตั้งกล้องส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับนับจำนวนคนเข้าและออก ซึ่งการติดตั้งกล้องในตำแหน่งด้านข้างให้ความแม่นยำมากที่สุด สามารถตรวจจับนับจำนวนคนเข้าได้แม่นยำถึง 100 % และตรวจจับนับจำนวนคนออกได้แม่นยำ 98.44% และ 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า ผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.55$ , S.D. = 0.56)

คำสำคัญ : การประมวลผลภาพ , การตรวจจับวัตถุ , ระบบนับจำนวนผู้เข้าใช้บริการ

### ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to develop a system for counting the number of entries and exits of users of a computer room; 2) to evaluate the performance of the developed system; and 3) to investigate user satisfaction with the system. The system was developed in Python on the Windows operating system and employed the YOLOv8 algorithm to detect and

count people from webcam video streams. Two sample groups were used in the study: 1) a system performance testing group, consisting of students appearing in real entry–exit events during actual computer room service hours, selected through incidental sampling (49 students for camera position 1 and 64 students for camera position 2); and 2) a user satisfaction group, consisting of 23 personnel from the Educational Technology and Information Technology divisions, selected through purposive sampling. The research instruments were the developed entry–exit counting system and a user satisfaction questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics, namely mean and standard deviation.

The results showed that 1) the entry–exit counting system for the computer room of the Office of Academic Resources and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, was successfully developed and comprised seven functional components; 2) the system performance testing indicated that the camera installation position affected detection accuracy, with the side-view camera position yielding the highest accuracy 100% accuracy for detecting entries and 98.44% accuracy for detecting exits; and 3) overall user satisfaction with the developed system was at the highest level ( $\bar{X} = 4.55$ , S.D. = 0.56).

**Keywords :** Image Processing , Object Detection , User Counting System

## บทนำ

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เป็นแหล่งบริการทรัพยากรและบริการที่สำคัญสำหรับนักศึกษา คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ มีบทบาทในการสนับสนุนการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการ ซึ่งการพัฒนาบริการของสำนักฯ ให้มีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้จึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลสถิติการใช้บริการจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้สำนักฯ สามารถปรับปรุงและพัฒนาบริการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การบริการห้องคอมพิวเตอร์ เป็นบริการหนึ่งของสำนักฯ มีการจัดเก็บข้อมูลสถิติการเข้าใช้บริการโดยการนับจากผู้ใช้ล็อกอินเข้าใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่า การเก็บสถิติดังกล่าวยังมีข้อจำกัด คือผู้ใช้บริการที่นำอุปกรณ์มาเองหรือเข้ามาใช้บริการแต่ไม่ได้ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้บริการส่วนนี้จะไม่ถูกนับสถิติการเข้าใช้บริการ อย่างไรก็ตามสำนักฯ ได้มีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้วิธีให้ผู้ใช้บริการสแกนคิวอาร์โค้ดลงชื่อเข้าใช้บริการผ่านกูเกิลฟอร์ม แต่ก็ยังพบปัญหาในความไม่สะดวกต่อผู้ใช้บริการ และข้อมูลที่ไม่ตรงกับการใช้บริการจริง เนื่องจากในบางครั้งผู้ใช้บริการไม่ได้ลงชื่อ ส่งผลให้ข้อมูลที่เก็บไม่สะท้อนจำนวนผู้ใช้บริการจริง

ปัจจุบันการนับคนแบบเรียลไทม์หรือนับจำนวนคนใช้บริการในสถานที่ต่าง ๆ มีวิธีการนับจำนวนคนมีหลายวิธี เช่น การใช้เทคโนโลยีบ่งชี้ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RFID) [1] เซ็นเซอร์แสงอินฟราเรด (Infrared Sensor) [2] สัญญาณ Wi-Fi [3] เรดาร์คลื่นต่อเนื่องที่รับความถี่ [4] อีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจคือใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่นในการประมวลผลภาพจากกล้องวิดีโอ [5] ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้แนวทางดังกล่าว เพราะมีความยืดหยุ่นในการใช้งานและไม่รบกวนพฤติกรรมของผู้คนที่เดินผ่านเข้าออก [6] สำหรับอัลกอริทึมที่นำมาใช้เพื่อตรวจจับวัตถุที่ได้รับความสนใจอย่างมาก คือการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) สำหรับการวิเคราะห์ภาพและการตรวจจับวัตถุ ซึ่งมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพและวิดีโอในแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย YOLO (You Only Look Once) เป็นหนึ่งในอัลกอริทึมที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการตรวจจับวัตถุจากภาพมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับและนับจำนวนคน ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นอัลกอริทึมที่มีความเร็ว แม่นยำสูง และเชื่อถือได้ [7]

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและพัฒนาระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ โดยประยุกต์ใช้อัลกอริทึม YOLOv8 ระบบสามารถตรวจจับและนับจำนวนคนได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำระบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้แบบเรียลไทม์ ทำให้ได้ข้อมูลผู้ใช้บริการจริง เพื่อนำสถิติการใช้บริการไปใช้ในการปรับปรุงการให้บริการและการจัดการทรัพยากรของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
- 1.2 ทดสอบประสิทธิภาพของระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์
- 1.3 เพื่อศึกษาผลความพึงพอใจจากผู้ใช้งานระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์

## 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปราโมทย์ ปัญญาโต และ นลิน สีดาห้าว [6] ได้วิจัยเรื่อง การสร้างระบบตรวจนับบุคคลแบบเวลาจริงราคาประหยัด บน Raspberry Pi โดยประยุกต์ใช้อัลกอริทึม Tiny YOLOv3 จากงานวิจัยพบว่าอัลกอริทึม YOLOv3 สามารถประยุกต์ใช้งานได้ดี ทั้งนี้การเดินเร็วส่งผลให้การนับถูกต้องน้อยลง แนวทางพัฒนา (1) ด้านซอฟต์แวร์ คือลดความซับซ้อนของข้อมูลโดยการฝึกโมเดลเฉพาะบุคคลเท่านั้น เพื่อลดการสูญเสียเวลาในการประมวลผล และยังคงพัฒนาอัลกอริทึมให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมการใช้งาน (2) ด้านฮาร์ดแวร์อาจจะต้องประยุกต์ใช้ระบบสมองกลแบบอื่น ๆ ที่มีประมวลผลกราฟิก (GPU)

Elaoua et al.[7] ได้วิจัยเรื่อง Real-Time People Counting System using YOLOv8 Object Detection งานวิจัยนี้นำเสนอระบบนับจำนวนคนแบบเรียลไทม์โดยใช้อัลกอริทึม YOLOv8 ซึ่งมีความสามารถในการตรวจจับวัตถุได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดยทำการทดลองกับวิดีโอในสถานการณ์ต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือของระบบ ทั้งในที่แออัดและภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน ทำให้ระบบนี้เหมาะสำหรับการใช้งานด้านการเฝ้าระวังและการวิเคราะห์ความหนาแน่นของผู้คนในสถานการณ์จริงได้เป็นอย่างดี

กัญญารัตน์ ยอดยิ่ง และคณะ [8] ได้วิจัยเรื่อง เครื่องนับจำนวนคนเข้า-ออกแบบทางเดียว One-Way People Counter ระบบพัฒนาด้วย บอร์ดอาร์ดูโนซึ่งใช้เซนเซอร์การตรวจจับวัตถุด้วยแสงอินฟราเรด ทำการเก็บข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในแต่ละวันลง SD Card และจากการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจริง พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานในภาพรวมอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพ

Telicko and Jakovics (2023) ได้วิจัยเรื่อง Comparative Analysis of YOLOv8 and Mask-RCNN for People Counting on Fish-Eye Images โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพของอัลกอริทึม YOLOv8 และ Mask-RCNN สำหรับการนับจำนวนคนในภาพจากกล้องเลนส์ตาปลา (fish-eye) ซึ่งมีความบิดเบือนของภาพสูง ผลลัพธ์ของ YOLOv8-N เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดเนื่องจากต้องการทรัพยากรน้อยกว่าและให้ความแม่นยำในการนับจำนวนคนสูงสุดที่ 95%

สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้อัลกอริทึม YOLOv8 เนื่องจากซึ่งมีความเร็วและแม่นยำสูง และเหมาะสมกับทรัพยากรเครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบัน สำหรับการดำเนินงานต้องการแบบเรียลไทม์ในสภาพแสงจริงภายในห้องคอมพิวเตอร์ โดยผู้ให้บริการไม่จำเป็นต้องพกพาอุปกรณ์หรือการสแกนเพื่อเข้าใช้บริการ

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 ระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์
- 1.2 แบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Rating Scales) โดยแบ่งระดับความเห็นเป็น 5 ระดับ

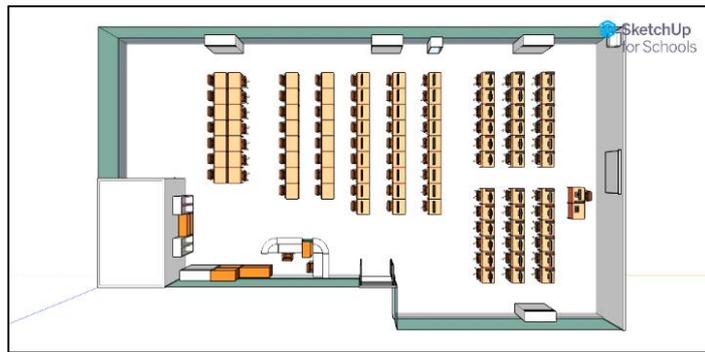
### 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- 2.1 ประชากร สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของระบบคือ การบันทึกวิถีโอนนักศึกษาจากจำนวนการเข้า-ออกห้องคอมพิวเตอร์ช่วงเวลาการเปิดให้บริการจริง และประชากรสำหรับการสอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบคือ บุคลากรสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
- 2.2 กลุ่มตัวอย่าง สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของระบบจากการบันทึกวิถีโอนนักศึกษาจากจำนวนการเข้า-ออกห้องคอมพิวเตอร์ช่วงเวลาการเปิดให้บริการจริง โดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ บันทึกวิถีโอนเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แบ่งเป็นตำแหน่งกล้องที่ 1 จำนวน 49 คน และตำแหน่งกล้องที่ 2 จำนวน 64 คน กลุ่มตัวอย่างสำหรับการตอบแบบสอบถามเป็นบุคลากรผู้ปฏิบัติงานฝ่ายเทคโนโลยีการศึกษา และฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ ของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 23 คน

### 3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

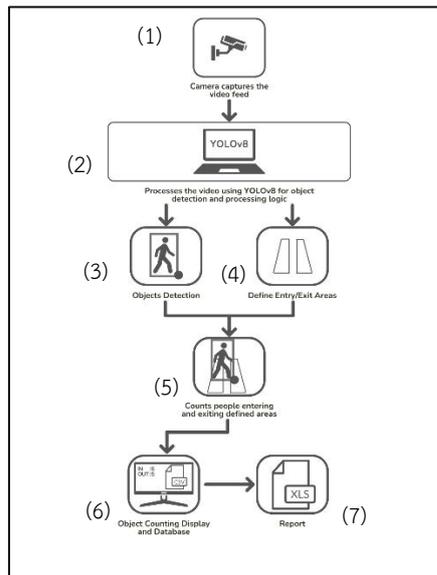
การวิจัยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึม YOLO นับจำนวนผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ ได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนการพัฒนาตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ SDLC โมเดล Waterfall [10] ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนการทำงาน [11] ดังนี้

**3.1 ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis)** ได้แก่ 1) ศึกษาปัญหาหาระบบงานเดิม โดยใช้วิธีสอบถามเจ้าหน้าที่ปฏิบัติหน้าที่ประจำห้องคอมพิวเตอร์ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ การจัดเก็บข้อมูลสถิติการเข้าใช้บริการ พบว่า เดิมมีการเก็บสถิติจำนวนผู้ใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์จากผู้ใช้ที่ได้ล็อกอินเข้าใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น สำหรับผู้บริการที่นำอุปกรณ์มาเองหรือเข้ามาใช้พื้นที่เพื่ออ่านหนังสือ หรือทำงานกลุ่ม ผู้ใช้บริการกลุ่มนี้จะไม่ถูกนับสถิติ ซึ่งต่อมาได้มีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีให้ผู้บริการสแกนคิวอาร์โค้ดลงชื่อการใช้งานผ่านกูเกิลฟอร์ม แต่อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาในความสะดวกต่อผู้บริการ และข้อมูลที่ไม่ตรงกับการใช้บริการจริง เนื่องจากในบางครั้งผู้บริการไม่ได้ลงชื่อ หรือลงชื่อคนเดียวใช้งานหลายคน ส่งผลให้ข้อมูลที่เก็บไม่สะท้อนจำนวนผู้เข้าใช้บริการจริง 2) ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบใหม่ โดยต้องการระบบที่สามารถนับจำนวนครั้งที่มีคนเข้า-ออก ได้อย่างถูกต้อง อัตโนมัติ และไม่รบกวนการใช้งานของผู้บริการ เพื่อให้ได้ข้อมูลสถิติผู้เข้าใช้งาน ไปใช้ในการบริหารจัดการพื้นที่ การจัดสรรทรัพยากร และการวางแผนบริการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น 3) ศึกษาทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 1 ผังห้องคอมพิวเตอร์

3.2 ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ (Design) ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบระบบนับจำนวนผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ มีกระบวนการทำงาน 7 ส่วน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพรวมระบบนับจำนวนผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์

จากภาพที่ 2 กระบวนการทำงานของระบบนับจำนวนผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ มีการทำงานทั้งหมด 7 ส่วน ประกอบด้วย 1) กล้องบันทึกภาพวิดีโอ ติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถจับภาพบริเวณที่ต้องการนับจำนวนผู้เข้าใช้บริการ 2) YOLOv8 เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุ ซึ่งระบบจะนำภาพจากกล้องมาเข้ากระบวนการตรวจจับวัตถุด้วย YOLOv8 จากนั้น Bounding Box จะถูกสร้างขึ้นรอบ ๆ บุคคลที่อัลกอริทึมนี้ตรวจจับได้ 3) การตรวจจับวัตถุ ในขั้นตอนนี้ YOLOv8 ทำการวิเคราะห์ภาพจากกล้องเพื่อระบุบุคคลภายในเฟรมของวิดีโอ 4) กำหนดพื้นที่ทางเข้าและทางออก การพัฒนาระบบส่วนนี้ จะกำหนดเส้นขอบเขตของพื้นที่ที่เป็นจุดเข้าและออกของพื้นที่ บริเวณประตู ซึ่งระบบจะใช้พื้นที่นี้ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของบุคคลเพื่อระบุว่าคนเหล่านั้นกำลังเดินเข้าหรือออก 5) นับจำนวนคนเข้าและออก เมื่อคนเดินผ่านพื้นที่ที่กำหนดเป็นจุดอ้างอิง เข้า-ออก ระบบจะนับจำนวนการเข้าและออกแยกกัน 6) แสดงผลการนับ ผลลัพธ์จากการนับจำนวนคนจะถูกแสดงบนหน้าจอในรูปแบบของจำนวนคนที่เข้าและออกแบบเรียลไทม์ ขณะเดียวกันทุกครั้งที่มีการตรวจพบการเข้าหรือออก

ของบุคคลระบบจะบันทึกข้อมูลลงไฟล์ .csv ทันที 7) การบันทึกข้อมูลรายงานจำนวนผู้เข้าใช้บริการในแต่ละวันจะถูกแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Microsoft Excel

### 3.3 ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา (Development) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

#### 3.3.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมและติดตั้งเครื่องมือ ได้แก่

3.3.1.1 จัดเตรียมกล้องเว็บแคม (Webcam) รุ่น WEBCAM MICROSOFT L2 LIFECAM CINEMA ความละเอียด 1280×720 พิกเซล อัตราเฟรม 30 fps

3.3.1.2 จัดเตรียมคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ระบบปฏิบัติการ Windows เวอร์ชัน 11, หน่วยประมวลผลกลาง Intel(R) Core (TM) i7-12650H และหน่วยประมวลผลกราฟิก GPU NVIDIA GeForce RTX 3050 Ti Laptop GDDR6 @ 4GB (128 bits)

3.3.1.3 จัดเตรียมอัลกอริทึม YOLOv8 โมเดลที่ใช้ YOLOv8s

3.3.1.4 ดำเนินการติดตั้งกล้องเว็บแคม โดยเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของห้องคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ติดตั้งกล้อง จำนวน 2 ตำแหน่ง เพื่อนำภาพของแต่ละตำแหน่งมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ ดำเนินการบันทึกวิดีโอนักศึกษาจากจำนวนการเข้า-ออกห้องคอมพิวเตอร์ในช่วงเวลาการเปิดให้บริการจริง เพื่อให้ผลการทดสอบสะท้อนประสิทธิภาพของระบบในสภาพแวดล้อมจริง รูปแบบไฟล์ .MP4 โดยดำเนินการบันทึกวิดีโอที่ละตำแหน่ง จำนวนเวลาการบันทึกตำแหน่งละ 4 ชั่วโมง

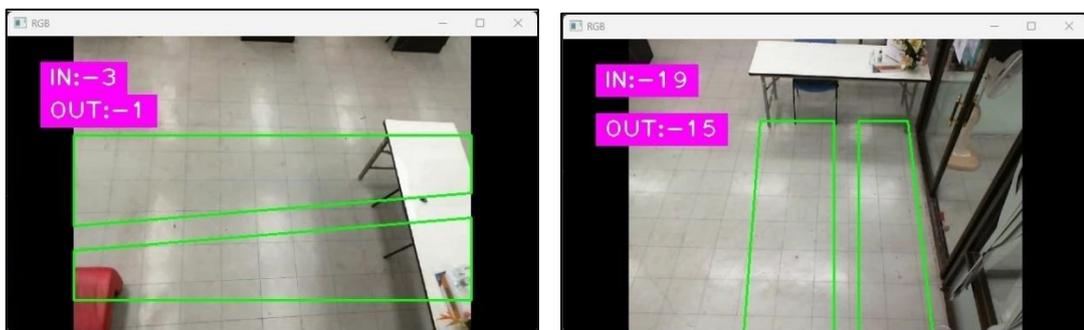


ภาพที่ 3 การติดตั้งกล้องในตำแหน่งที่ 1 มุมบนประตู



ภาพที่ 4 การติดตั้งกล้องในตำแหน่งที่ 2 มุมบนข้างประตู

3.3.2 ขั้นตอนการพัฒนา ผู้วิจัยพัฒนาระบบด้วยภาษา Python บนระบบปฏิบัติการ Windows โดยใช้โมเดล YOLOv8s ซึ่งเป็นโมเดลที่ผ่านการฝึกบนชุดข้อมูล COCO Dataset และเลือกใช้เฉพาะคลาส Person ในการตรวจจับ และในขั้นตอนก่อนประมวลผลได้มีการปรับขนาดทุกเฟรมด้วยฟังก์ชัน cv2.resize() ให้มีขนาด 640×360 พิกเซล จากนั้นจึงป้อนเข้าสู่โมเดล YOLOv8 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของ Ultralytics ได้แก่ ขนาดภาพนำเข้า (imgsz) = 640 ค่า Confidence Threshold = 0.25 และ ค่า IoU threshold สำหรับ Non-Maximum Suppression (NMS) = 0.70 พร้อมทั้งตั้งค่าการจับภาพจากกล้องที่อัตราเฟรม 30 เฟรมต่อวินาที อีกทั้งมีการใช้ฟังก์ชัน cv2.pointPolygonTest จากไลบรารี OpenCV ฟังก์ชันนี้ช่วยให้ระบบสามารถตรวจสอบได้ว่าบุคคลอยู่ภายในหรือนอกพื้นที่ โดยการนับคนเข้า-ออก ฟังก์ชันจะตรวจสอบว่าตำแหน่งของแต่ละบุคคลที่ถูกติดตามอยู่ในพื้นที่ที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าตำแหน่งอยู่ในพื้นที่ บุคคลนั้นจะถือว่ากำลังเข้ามาหรือออกไป ซึ่ง ID ของบุคคลจะถูกบันทึก และ Bounding box จะปรากฏบนเฟรม สำหรับการแสดงผลการทำงานของระบบการนับจำนวนคนที่เข้ามา-ออกไป จะถูกคำนวณโดยการนับ ID ที่ไม่ซ้ำกันที่เก็บไว้ในเซต IN และ OUT ตัวเลขจะแสดงบนเฟรมโดยการใช้ฟังก์ชัน cvzone.putTextRect



ภาพที่ 5 การกำหนดเส้นขอบเขตของพื้นที่ที่เป็นจุดเข้าและออกของพื้นที่

3.4 **ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบ (Testing)** เป็นการทดสอบว่าการทำงานได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยใช้การทดสอบโดยการนำภาพวิดีโอที่บันทึกไว้ทั้ง 2 ตำแหน่งมาทดสอบรันใน Python ที่พัฒนาขึ้น เพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น เมื่อทดสอบนำระบบไปใช้งานพบว่า การติดตั้งกล้องในระยะที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดโอกาสการบดบังของตำแหน่งคนเข้า-ออก ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสร็จก่อนจะนำระบบไปติดตั้งเพื่อใช้งาน

3.5 **ขั้นตอนที่ 5 การติดตั้ง (Implementation)** ภาพจากวิดีโอที่ใช้ในงานวิจัยได้บันทึกผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์จริง โดยระบบจะทำงานตรวจนับจำนวนบุคคลที่เดินเข้า-ออก ผ่านบริเวณพื้นที่ที่กำหนดดังกล่าว สำหรับการวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ มีการวัดประสิทธิภาพด้านความแม่นยำในการนับจำนวนโดยเปรียบเทียบจำนวนบุคคลที่ระบบนับได้กับจำนวนคนที่เข้า-ออกจริงทั้งหมด

3.6 **ขั้นตอนที่ 6 การบำรุงรักษา (Maintenance)** ส่วนนี้เป็นการบำรุงรักษาเพื่อปรับปรุงระบบโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขบางส่วนที่ทำให้ระบบประมวลผลได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยส่งโมเดลไปประมวลผลบน GPU ด้วยคำสั่ง Model.to('cuda') ซึ่งจะช่วยเร่งความเร็วในการคำนวณและประมวลผลของอัลกอริทึม YOLO

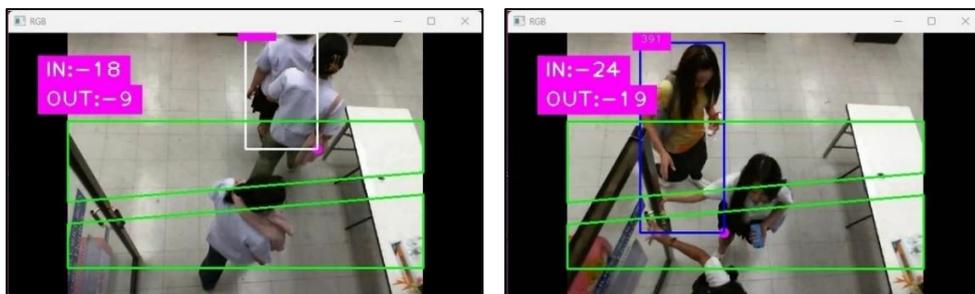
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบนับจำนวนคนใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ จากแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Rating Scales) โดยแบ่งระดับความเห็นเป็น 5 ระดับ เกณฑ์การวิเคราะห์ และแปลความเกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมิน ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50 – 5.00 ความหมายระดับพอใจมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50 – 4.49 ความหมายระดับพอใจมาก
- ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50 – 3.49 ความหมายระดับพอใจปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50 – 2.49 ความหมายระดับพอใจน้อย
- ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.49 ความหมายระดับพอใจน้อยที่สุด

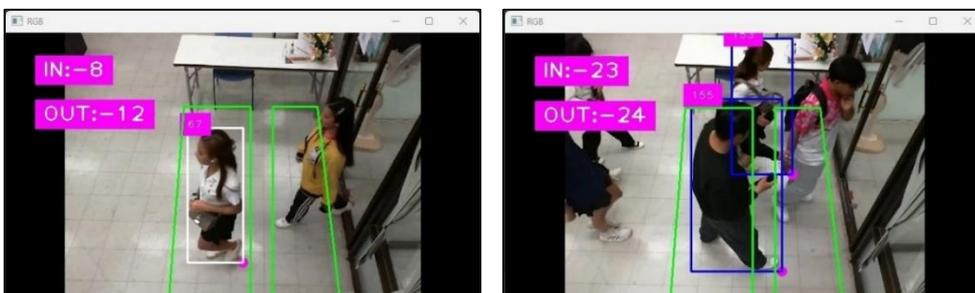
### ผลการวิจัย

#### 1. ผลการพัฒนาระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้ใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์

การพัฒนาระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้ใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศในครั้งนี้ พัฒนาโดยใช้ภาษา Python บนระบบปฏิบัติการ Windows รับภาพจากกล้องเว็บแคมและประมวลผลด้วยอัลกอริทึม YOLOv8 ระบบนี้ได้รับการทดสอบด้วยวิดีโอจากสถานการณ์จริงที่มีการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งการเข้าใช้ทีละคนและการเข้าใช้พร้อมกันหลายคน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า YOLOv8 สามารถตรวจจับและระบุตำแหน่งบุคคลภายในเฟรมวิดีโอได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดยมีผลลัพธ์การทำงานของระบบดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7



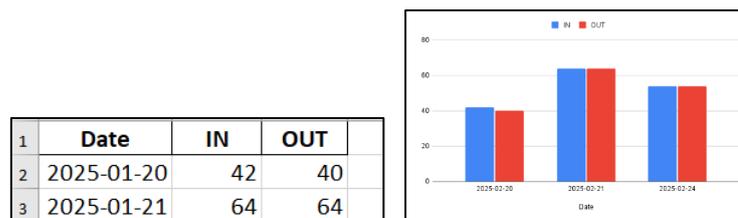
ภาพที่ 6 ผลลัพธ์การทำงานของระบบจากกล้องตำแหน่งที่ 1 ในการนับจำนวนคนเข้าและออก



ภาพที่ 7 ผลลัพธ์การทำงานของระบบจากกล้องตำแหน่งที่ 2 ในการนับจำนวนคนเข้าและออก

ID	Direction	Time
24	IN	1/20/2025 11:21
30	IN	1/20/2025 11:21
57	IN	1/20/2025 11:23
1	OUT	1/20/2025 11:37
10	IN	1/20/2025 11:39
1	OUT	1/20/2025 12:03
14	OUT	1/20/2025 12:04
31	OUT	1/20/2025 12:04
70	OUT	1/20/2025 12:24
83	OUT	1/20/2025 12:37
87	OUT	1/20/2025 12:37
105	IN	1/20/2025 12:37
110	IN	1/20/2025 12:41
116	OUT	1/20/2025 12:50
122	OUT	1/20/2025 12:50
147	OUT	1/20/2025 12:53
153	OUT	1/20/2025 12:58

ภาพที่ 8 ข้อมูลที่ถูกบันทึกลงในไฟล์ .csv



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลและรายงานสถิติ ผู้ใช้บริการในแต่ละวัน

จากภาพที่ 8 ระบบจะมีการบันทึกข้อมูลลงในไฟล์ .csv ทันทีแบบเรียลไทม์ทุกครั้งที่มีการตรวจการเข้าหรือออก ข้อมูลที่ถูกบันทึกจะประกอบด้วย หมายเลขประจำตัวที่ระบบกำหนดให้กับบุคคลแต่ละคนที่ถูกตรวจจับในเฟรมวิดีโอ (ID) ทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหรือออก (Direction) และวันที่และเวลาที่เกิดเหตุการณ์ (Time)

จากภาพที่ 9 การบันทึกข้อมูลรายงานจำนวนผู้ใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ในแต่ละวันถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ Microsoft Excel โดยมีวิธีการทำงานคือ เมื่อปิดระบบ คำสั่งอ่านไฟล์จาก .csv แล้วแปลงข้อมูลทั้งหมดไปยังไฟล์ .xlsx ข้อมูลในไฟล์ประกอบด้วยวันที่ (Date) จำนวนคนเข้า (IN) และจำนวนคนออก (OUT) ซึ่งสามารถเสนอรายงานสถิติผู้ใช้บริการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพัฒนาการบริการของสำนักฯ ต่อไป

## 2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้ใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ดำเนินการโดยใช้วิธีการบันทึกวิดีโอเหตุการณ์นักศึกษาเข้าใช้บริการ การเข้า-ออกของผู้ใช้บริการจริง โดยเก็บจากตำแหน่งกล้องสองจุด ได้แก่ ตำแหน่งที่ 1 จำนวน 49 คน และตำแหน่งที่ 2 จำนวน 64 คน โดยนำค่าที่ระบบตรวจจับได้ของทั้งสองจุดมาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงเพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบ ได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

มุกกล้อง	จำนวนคนเข้า			จำนวนคนออก		
	จำนวนคน เข้าจริง	จำนวนคนที่ ตรวจจับได้	ความแม่นยำ (%)	จำนวนคน ออกจริง	จำนวนคนที่ ตรวจจับได้	ความแม่นยำ (%)
ตำแหน่งที่ 1 (กล้องบน)	49	42	85.71	38	37	97.37
ตำแหน่งที่ 2 (ด้านข้าง)	64	64	100	64	63	98.44

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ผลลัพธ์การทดสอบประสิทธิภาพของระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ห้องคอมพิวเตอร์ พบว่า มุกกล้องตำแหน่งที่ 2 (ด้านข้าง) มีความแม่นยำสูงกว่ามุกกล้องตำแหน่งที่ 1 (ด้านบน) อย่างชัดเจน โดยมุกกล้องด้านข้างสามารถตรวจจับจำนวนคนเข้าได้ถูกต้อง 100% และตรวจจับจำนวนคนออกได้อย่างแม่นยำอยู่ที่ 98.44% ในขณะที่มุกกล้องด้านบนมีความแม่นยำต่ำกว่า ซึ่งอยู่ที่ 85.71% สำหรับการนับจำนวนคนเข้า และ 97.37% สำหรับการนับจำนวนคนออก

### 3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

การศึกษาคความพึงพอใจจากผู้ใช้งานระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของห้องคอมพิวเตอร์ ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นบุคลากรผู้ปฏิบัติงานฝ่ายเทคโนโลยีการศึกษา และฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ ของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 23 คน ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ
<b>ด้านประสิทธิภาพของระบบ</b>			
1. การนับจำนวนคนเข้าและออกมีความถูกต้อง	4.22	0.74	มาก
2. ระบบมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการประมวลผล	4.78	0.42	มากที่สุด
3. ระบบทำงานได้เสถียร	4.57	0.51	มากที่สุด
<b>เฉลี่ย</b>	<b>4.52</b>	<b>0.61</b>	<b>มากที่สุด</b>
<b>กระบวนการทำงานของระบบ</b>			
1. ตำแหน่งการติดตั้งกล้องสามารถจับภาพได้เหมาะสม	4.39	0.50	มาก
2. การกำหนดพื้นที่ทางเข้า-ออกของระบบมีความชัดเจน	4.61	0.50	มากที่สุด
3. การใช้งานระบบไม่ซับซ้อน	4.78	0.42	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมของการแสดงผลข้อมูล	4.57	0.51	มากที่สุด
<b>เฉลี่ย</b>	<b>4.59</b>	<b>0.50</b>	<b>มากที่สุด</b>
<b>ด้านคุณภาพของระบบ</b>			
1. ความสะดวกในการติดตั้งและใช้งาน	4.22	0.74	มาก
2. ความสามารถของระบบสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้	4.78	0.42	มากที่สุด
3. ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์หรือใช้งานต่อได้สะดวก	4.57	0.51	มากที่สุด
4. ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบการนับจำนวนคน	4.61	0.50	มากที่สุด
<b>เฉลี่ย</b>	<b>4.54</b>	<b>0.58</b>	<b>มากที่สุด</b>
<b>โดยรวม</b>	<b>4.55</b>	<b>0.56</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 1 ผลความพึงพอใจการใช้งานระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้เข้าใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พบว่า

ภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.55$ , S.D. = 0.56) เมื่อพิจารณารายด้านผู้ใช้งานมีความพึงพอใจทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน

### อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนางานระบบนับจำนวนครั้งการเข้า-ออก ของผู้ใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ กระบวนการทำงานของระบบประกอบด้วย 7 ส่วนหลัก ซึ่งเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การจับภาพจากกล้องเว็บแคม การประมวลผลด้วย YOLOv8 การกำหนดพื้นที่เข้า-ออก การติดตามและนับจำนวนบุคคล ไปจนถึงการแสดงผลและจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบรายงาน ผลการทดลองนับจำนวนคน จากการบันทึกวิดีโอผู้ใช้บริการในสถานการณ์จริง พบว่า YOLOv8 มีบทบาทสำคัญในการตรวจจับวัตถุภายในเฟรมวิดีโอ โดยสามารถตรวจจับบุคคลได้รวดเร็วและแม่นยำ การกำหนดขอบเขตพื้นที่เข้า-ออกช่วยให้ระบบสามารถแยกแยะการเคลื่อนไหวของบุคคลได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Elaoua et al. [7] ซึ่งระบบที่ใช้อัลกอริทึม YOLOv8 แสดงให้เห็นความสามารถในการนับคนเข้าและออกพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ จากการทดลองในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2. ผลของการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ แสดงให้เห็นว่าการเลือกตำแหน่งติดตั้งกล้องมีผลต่อความแม่นยำของระบบ เนื่องจากตำแหน่งกล้องไม่เหมาะสมจะเกิดการบดบังของบุคคล ทำให้การนับคลาดเคลื่อนได้ ผลจากการทดลองมุมกล้องด้านข้างยังช่วยลดปัญหาการตรวจจับผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการที่บุคคลบางส่วนไม่ปรากฏชัดเจนในภาพมุมด้านบน เช่น การมองเห็นเพียงศีรษะหรือบางส่วนของร่างกาย ซึ่งอาจทำให้อัลกอริทึมตรวจจับผิดพลาดได้บ่อยกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของปราโมทย์ ปัญญาโต และ นลิน สีดาห้าว [6] พบว่าการปรับมุมมองที่เหมาะสมจะเอื้อให้อัลกอริทึม YOLO สามารถตรวจจับวัตถุได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบนับจำนวนผู้ใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากที่พัฒนาขึ้น มีความแม่นยำในการนับ และการจัดเก็บข้อมูลการเข้าใช้งานเป็นรายวันในรูปแบบไฟล์ Excel

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและการพัฒนาระบบนับจำนวนผู้ใช้บริการห้องคอมพิวเตอร์ใช้กล้องจำนวน 1 ตัว สำหรับการนับจำนวนผู้ใช้บริการเข้า-ออก ทางเดียว จึงควรพิจารณาเลือกใช้กล้อง IP Camera แทนกล้องเว็บแคม เพื่อรองรับการติดตั้งระยะไกล มีความคมชัดที่ดีขึ้น และลดปัญหาการบดบังวัตถุหรือการตรวจจับผิดพลาด อีกทั้งข้อจำกัดด้านสภาพแสงและสภาพแวดล้อม การทดสอบดำเนินการภายใต้สภาพแสงปกติของห้องคอมพิวเตอร์เท่านั้น จึงควรมีการทดสอบปัจจัยเรื่องแสงเพิ่มเติม สำหรับการนับจำนวนผู้ใช้บริการเป็นการนับบุคคลผ่านประตูไม่ได้ระบุตัวบุคคล ดังนั้นหากบุคคลเดินเข้า-ออกหลายครั้ง จะถูกนับเป็นหลายเหตุการณ์ จึงเป็นข้อจำกัดในการประเมินจำนวนของผู้ใช้บริการแบบรายบุคคล ในด้านประสิทธิภาพการประมวลผลในอนาคตอาจใช้ GPU Server เพื่อเพิ่มความเร็วการประมวลผล และช่วยให้ตรวจจับได้แม่นยำขึ้น สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยควรเพิ่มกลุ่มนักศึกษาเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่หลากหลาย และมากขึ้นด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Wang, X., Liu, J., Yu, X., Chen, X., Yu, Y., & Zhao, Z. (2023). People Counting with Carry-on RFID Tags. *2023 IEEE/ACM 31st International Symposium on Quality of Service (IWQoS)*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/IWQoS57198.2023.10188704>
- [2] Perra, C., Kumar, A., Losito, M., Pirino, P., Moradpour, M., & Gatto, G. (2021). Monitoring indoor people presence in buildings using low-cost infrared sensor array in doorways. *Sensors*, *21*(12). <https://doi.org/10.3390/s21124062>
- [3] Tian, L., Chen, L., Xu, Z., & Chen, Z. (2021). A people-counting and speed-estimation system using wi-fi signals. *Sensors*, *21*(10). <https://doi.org/10.3390/s21103472>
- [4] Aydogdu, C. Y., Hazra, S., Santra, A., & Weigel, R. (2020). Multi-Modal Cross Learning for Improved People Counting using Short-Range FMCW Radar. *2020 IEEE International Radar Conference (RADAR)*, 250–255. <https://doi.org/10.1109/RADAR42522.2020.9114871>
- [5] Mokayed, H., Quan, T. Z., Alkhaled, L., & Sivakumar, V. (2022). Real-Time Human Detection and Counting System Using Deep Learning Computer Vision Techniques. *Artificial Intelligence and Applications*, *1*(4), 205–213. <https://doi.org/10.47852/bonviewAIA2202391>
- [6] ปราโมทย์ ปัญญาโต. (2019). การสร้างระบบตรวจนับบุคคลแบบเวลาจริงราคาประหยัดบน Raspberry Pi โดยประยุกต์อัลกอริทึม Tiny YOLO V3. *ENGINEERING TRANSACTIONS*, *22*, 72–78.
- [7] Elaoua, A., Nadour, M., Cherroun, L., & Elasri, A. (2023). Real-Time People Counting System using YOLOv8 Object Detection. *Proceedings - 2023 2nd International Conference on Electronics, Energy and Measurement, IC2EM 2023*. <https://doi.org/10.1109/IC2EM59347.2023.10419684>
- [8] กัญญารัตน์ ยอดยิ่ง, คชาเทพ ขำบ้านกวย, กรกฏา จงเจริญ, สุวรรณมา จงทอง, และณัฐชามญช์ ศรีจำเริญรัตน์. (2562). เครื่องนับจำนวนคนเข้า-ออกแบบทางเดียว. *งานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*. (น.151-158). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- [9] Telicko, J., & Jakovics, A. (2023). Comparative Analysis of YOLOv8 and Mack-RCNN for People Counting on Fish-Eye Images. *International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering, ICECCME 2023*. <https://doi.org/10.1109/ICECCME57830.2023.10252265>
- [10] Christanto, H. J., & Singgalen, Y. A. (2023). Analysis and Design of Student Guidance Information System through Software Development Life Cycle (SDLC) dan Waterfall Model. *Journal of Information Systems and Informatics*, *5*(1), 259–270. <https://doi.org/10.51519/journalisi.v5i1.443>
- [11] Murugaiyan, D. (2012). WATEERFALLVs V-MODEL Vs AGILE: A COMPARATIVE STUDY ON SDLC. *International Journal of Information Technology and Business Management* *2*(1), 26-30.