ST-05

วิธีการรู้จำใบหน้าบุคคลด้วยภาพใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วน

A Personal Face Recognition Method by Overall and Specific Face Images

กิตติธัช ตันมา[1] เตชค์ฐสิณป์ เพียซ้าย[2] และณัฐพร เห็นเจริญเลิศ[3]

Kittitaht Tanma[1], Tejtasin Phiasai[2], and Nuttaporn Hencharoenlert[3]

[1,2,3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อีเมล: 2639600309@stou.ac.th

บทคัดย่อ

การใส่หน้ากากปิดปากและจมูก หรือการใส่แว่นตา ถือได้ว่าเป็นการปิดบังบนใบหน้าที่อาจทำให้ระบบการรู้จำใบหน้าบุคคลไม่สามารถระบุถึงตัวบุคคลนั้นได้ถูกต้อง ทำให้อาจต้องเสียเวลาเพื่อถอดหน้ากากหรือแว่นตาออกเพื่อให้สามารถผ่านเข้าออกสถานที่ทำงานที่ซึ่งมีระบบการรู้จำใบหน้าบุคคลที่ถือเป็นเทคโนโลยีนวัตกรรมหนึ่งสู่การพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืนผ่านการเฝ้าระวังได้ บทความนี้เสนอวิธีหนึ่งสำหรับการรู้จำใบหน้าบุคคลโดยใช้ภาพใบหน้าโดยรวมที่เป็นภาพเต็มใบหน้าและภาพใบหน้าเฉพาะส่วนที่เป็นภาพใบหน้าที่มีการปิดบังเป็นชุดข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่ องจาก 3 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคการถดถอยลอจิสติก เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และเทคนิคป่าสุ่ม และทำการโหวตเป็นตัวแทนของระบบการรู้จำใบหน้าบุคคลด้วยค่าเฉลี่ย ผลการทดลองได้ใช้ชุดข้อมูลฝึกสอนจำนวน 100 ภาพ และชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 100 ภาพ พบว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของระบบการรู้จำใบหน้าบุคคลร้อยละ 88.33

คำหลัก: การรู้จำใบหน้า การถดถอยลอจิสติก ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เทคนิคป่าสุ่ม

Abstract

Wearing a mask for closing the mouth and nose or wearing glasses obscures a face that a face recognition system cannot identify that person correctly. Therefore, the persons that will access an office using a personal face recognition system may take time to remove the mask and the glasses. Personal face recognition technology is one innovative technology that can use for sustainable community development through surveillance. This paper proposes a method for recognizing a personal face by using the dataset that includes an overall face that is a full face and a specific face with the fullness of faces with some parts of the face are obscured for creating a model of face recognition with 3 techniques of machine learning with Logistic Regression, Support Vector Machine, and Random Forest. Voting of 3 techniques is defined by the average value for representing the proposed person face recognition method. The experimental results using the training dataset

of 100 images and the testing dataset of 100 images showed that the average value of the accuracy for the proposed face recognition method was 88.33 percent.

Keywords: Face Recognition Logistic Regression Support Vector Machine Random Forest Technique

บทนำ

ปัจจุบันการรู้จำภาพใบหน้าบุคคลเป็นระบบหรือเทคโนโลยีหนึ่งที่ได้มีการประยุกต์ใช้มากมาย และถือเป็นเทคโนโลยีนวัตกรรมหนึ่งสู่การพัฒนาชุมชนหรือการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืนได้ผ่านการเฝ้าระวังภัย เช่น การบันทึกลงเวลาการทำงานด้วยใบหน้าบุคคล การอนุญาตให้ผ่านเข้าออกหน่วยงานหรือสถานที่สำคัญด้วยใบหน้า การตรวจสอบใบหน้าบุคคลเข้าประชุมหรือเข้าห้องเรียน เป็นต้น ระบบการรู้จำใบหน้าบุคคลมีหลากหลายระบบเนื่องจากขึ้นอยู่กับเทคนิคของการประมวลผลภาพที่นำมาใช้เพื่อจัดการกับปัญหาบนใบหน้าบุคคลเพื่อทำการรู้จำและระบุตัวบุคคลและทำให้มีค่าความถูกต้องในการรู้จำที่แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบที่แตกต่างกัน ปัญหาบนภาพใบหน้าที่ทำให้ประสิทธิภาพการรู้จำใบหน้าบุคคลไม่สูงมีหลายปัจจัย เช่น แสงบนภาพใบหน้า ระยะใกล้หรือไกลของภาพใบหน้า เป็นต้น มีบทความวิจัยที่นำเสนอการประยุกต์วิธีการรู้จำใบหน้ากับงานต่าง ๆ และนำเสนอเทคนิคการรู้จำใบหน้าเพื่อจัดการกับปัญหาบนใบหน้า ดังนี้

สำหรับการประยุกต์ระบบการรู้จำใบหน้า มีงานวิจัยของ พิชญา จตุรวัฒน์ และคณะ (2560) ได้เสนอการพัฒนาระบบการบันทึกเวลาเข้าเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้เทคนิค Haar-Like Feature และทำการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิค Local Binary Pattern Histograms (LBPH) และในลักษณะการรู้จำใบหน้าด้วยเทคนิคเดียวกันได้มีงานวิจัยของ สุวัฒน์ บรรลือ และคณะ (2563) ได้ศึกษาการตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนด้วยภาพใบหน้า และในงานวิจัยของ เกรียงศักดิ์ ตรีประพิณ และคณะ (2561) ได้เสนอวิธีการรู้จำใบหน้าโดยประยุกต์ใช้เทคนิค 3 เทคนิคได้แก่ เทคนิค Eigenface เทคนิค Fisherface และเทคนิค LBPH มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพความถูกต้อง และเทคนิค LBPH ให้ความถูกต้องในการรู้จำที่สูงต่อปัญหาเรื่องแสงบนภาพใบหน้า งานวิจัยต่อมาของ ณธีพงศ์ อธิพิทักษ์เมธ (2561) ได้ประยุกต์และพัฒนาระบบการรู้จำใบหน้าบุคคลเพื่อบันทึกเวลาของการเข้าทำงาน และงานวิจัยของ ศันศนีย์ หิรัญจันทร์ และคณะ (2563) ได้เสนอการประยุกต์การตรวจจับใบหน้าสำหรับระบบทะเบียนอาชญากรเพื่อระบุตัวบุคคลผ่านกล้องวงจรปิด (CCTV) และเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ อะดาว น้องวี และคณะ (2564) ได้ประยุกต์เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้าเพื่อบันทึกเวลาการเข้าออกด้วยเทคนิค Eigenface อย่างไรก็ตาม การหาลักษณะเด่นของภาพใบหน้าเพื่อช่วยปรับปรุงความถูกต้องของการรู้จำใบหน้า งานวิจัยของ วิทัศน์ จาตุรงค์กร และคณะ (2563) ได้เสนอการจำแนกภาพใบหน้าที่มีผลจากแสงด้วยการปรับปรุงการหา feature บนภาพใบหน้าโดยใช้เทคนิคของ Weber เทคนิค mean filter และเทคนิคของ wavelet รวมกัน และงานวิจัยของ เอกรัตน์ สุขสุคนธ์ (2564) ได้เสนอแนวคิดการประมวลผลภาพโดยใช้โมเดลสีแบบ YCbCr และแบบ HSV สำหรับการค้นหาใบหน้าบุคคลและวัตถุบริเวณดวงตา ในลักษณะคล้ายกันของงานวิจัย ศุภกิตติ โสภาสพ (2560) ได้พัฒนาเทคนิคเช่นเดียวกับเพื่อตรวจจับพื้นที่ใบหน้าและวัตถุบริเวณดวงตาโดยวิธีการแยกสีผิวใบหน้าออกจากพื้นหลัง อย่างไรก็ตาม ปัญหาหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้ระบบการรู้จำใบหน้าบุคคลมีความถูกต้องน้อย ได้แก่ ปัญหาการปิดบังบนใบหน้า ทำให้พื้นที่บางส่วนบนใบหน้าหายไปและขาดรายละเอียดที่สำคัญในการประกอบการรู้จำใบหน้า เช่น บริเวณตา บริเวณจมูก บริเวณปาก บริเวณโครงใบหน้าส่วนล่าง เป็นต้น ซึ่งในสถานการณ์ของการแพร่ระบาดของโรคไวรัส Covid–19

การสวมหน้ากากอนามัยถือเป็นเรื่องปกติและสร้างความปลอดภัยในการใช้ชีวิตประจำวัน ร่วมถึงการสวมแว่นตาเพื่อปิดบังหรือปลอมแปลงตัว

เพื่อเสนอแนวทางหนึ่งสำหรับการปรับปรุงวิธีการรู้จำใบหน้าบุคคลที่มีการปิดบังบนใบหน้า บทความนี้ได้เสนอแนวคิดของการใช้ใบหน้าโดยรวมที่เป็นภาพใบหน้าแบบเต็มหน้าและการใช้ใบหน้าเฉพาะส่วนที่เป็นภาพใบหน้าแบบไม่เต็มหน้าที่มีการปิดบังบางส่วนบนใบหน้าแบบเต็มหน้านำมาเป็นชุดข้อมูล (dataset) สำหรับฝึกสอนเพื่อสร้างโมเดลการรู้จำใบหน้าบุคคลด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง รายละเอียดของการอธิบายในบทความนี้แบ่งได้ 5 ส่วนได้แก่ ส่วนวัตถุประสงค์ ส่วนวิธีดำเนินการวิจัย ส่วนผลการวิจัย ส่วนสรุปและอภิปรายผลการวิจัย และส่วนข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเทคนิคการระบุตัวบุคคลด้วยการวิเคราะห์ใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วน
2. เพื่อทดสอบความถูกต้องของการระบุตัวบุคคลด้วยการวิเคราะห์ภาพใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วน

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยในบทความนี้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมข้อมูล: รวบรวมภาพใบหน้าของบุคคลที่ใช้ในการวิจัย โดยเลือกภาพใบหน้าที่มีความชัดเจนและมีมุมถ่ายที่แตกต่างกันและการสร้างการปิดบังบนภาพใบหน้า ได้แก่ การปิดบังบริเวณดวงตาแทนการสวมแว่นตาสีดำและแว่นตาแบบสะท้อนแสง และการปิดบังบริเวณปากแทนการสวมหน้ากาก ดังภาพที่ 1 เพื่อเป็นการทดสอบความแม่นยำของวิธีการรู้จำที่ใช้กับข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น

ภาพที่ 1 : ตัวอย่างใบหน้าแต่ละรูปแบบ

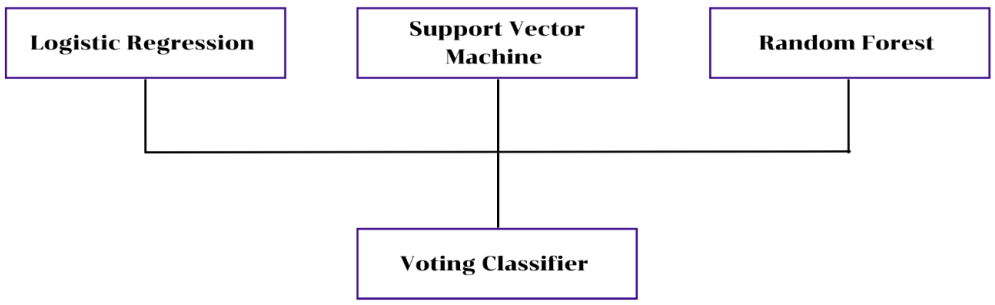
2. การประมวลผลภาพ: ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ เช่น การแยกวัตถุจากพื้นหลัง (background subtraction) และการแยกวัตถุด้วยขอบเขต (object segmentation) เพื่อแยกส่วนที่เป็นใบหน้าออกจากภาพโดยรวม โดยการใช้เครื่องมือ Jupyter

NoteBook สำหรับโปรแกรมภาษา Python ในการดำเนินการและร่วมกับโมดูลหรือไลบรารี ได้แก่ โมดูล Numpy, โมดูล CV2, โมดูล Pandas, โมดูล OS และ โมดูล Pickle และโมเดล res10_300x300_ssd_iter_140000.caffemode

3. การสกัดลักษณะเด่นของใบหน้า: เป็นการสกัดลักษณะเด่นของใบหน้าเพื่อช่วยทำให้สามารถรู้จำบุคคลได้ง่ายขึ้น โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เพื่อสกัดลักษณะเด่นจากใบหน้า เช่น ลักษณะของตา คิ้ว และปาก เป็นต้น

4. การวิเคราะห์และการจัดลำดับ: หลังจากสกัดลักษณะเด่นของใบหน้าแล้ว จะทำการวิเคราะห์และจัดลำดับเพื่อสร้างค่าเชิงลักษณะ (feature vectors) ที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับใบหน้าอื่นๆ ในขั้นตอนต่อไป

5. การเรียนรู้แบบ Supervised Learning: ใช้ข้อมูลที่มีที่มีการติดป้ายชื่อหรือ label แล้วนำไปใช้ในการทำนายหรือจำแนกคลาสหรือค่าต่างๆ โดยอาศัยการเรียนรู้จากตัวอย่างของข้อมูลนั้น ๆ ที่ได้เตรียมมาใช้ในการสร้างโมเดล (Model) ของแต่ละเทคนิค Machine Learning ได้แก่ เทคนิค Logistic Regression, เทคนิค Support Vector Machine และเทคนิค Random Forest ดังภาพที่ 2 แล้วนำโมเดลของทั้ง 3 เทคนิคมาทำการโหวตผลลัพธ์เมื่อทำการทำนายด้วยวิธีเฉลี่ย แต่ละเทคนิคการเรียนรู้อธิบายลักษณะเบื้องต้นได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 : วิธีการโหวตของโมเดลการรู้จำใบหน้าบุคคลที่ถูกฝึกสอนจากชุดข้อมูลเดียวกัน

เครื่องมือ Logistic Regression เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์แบบ Supervised Learning สำหรับการทำนายค่าของตัวแปรตามตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งสามารถใช้งานได้กับข้อมูลที่เป็นค่าตัวเลขหรือหมวดหมู่

เครื่องมือ Support Vector Machine (SVM) เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้แบบ Supervised Learning ที่สามารถใช้งานได้กับข้อมูลที่เป็นตัวเลขหรือหมวดหมู่ โดย SVM ใช้คำนวณในการแบ่งข้อมูลเป็นกลุ่ม โดยหากข้อมูลไม่สามารถแบ่งได้เป็นแบบเชิงเส้น จะทำการแปลงข้อมูลเพื่อแบ่งข้อมูลให้เป็นกลุ่มได้ โดย SVM ใช้ Kernel Trick ในการแปลงข้อมูล

เครื่องมือ Random Forest เป็นเครื่องมือหรืออัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้แบบ Supervised Learning โดยมีการใช้หลายๆ Decision Tree มาช่วยกันในการแยกประเภทของข้อมูล โดยการสร้าง Random Forest จะเริ่มต้นด้วยการสร้าง Decision Tree หลายๆ ต้น โดยแต่ละต้นจะใช้ข้อมูลส่วนหนึ่งเพื่อสร้าง Tree โดยการสุ่มข้อมูลจากตัวอย่าง และเลือก Subset ของตัวแปรที่สุ่มมาจากทั้งหมด เพื่อนำมาสร้าง Tree ซึ่งทำให้ Random Forest มีความหลากหลายในการแยกประเภทของข้อมูล

6. การทำการโหวตด้วยเครื่องมือ Voting Classifier โดยเครื่องมือนี้เป็นเทคนิคที่ใช้ในการรวมผลลัพธ์จากหลายๆ โมเดล (Classifiers) โดยในแต่ละรอบการทำนายจะทำการทำนายค่าแบบโหวต (Vote) ว่าคลาสที่ถูกทำนายมีค่าเป็นอะไร การใช้ Voting Classifier นั้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) Hard Voting: ใช้ค่าที่มากที่สุด (Mode) ของคลาสที่ถูกทำนายโดยแต่ละโมเดล เช่น ถ้ามีโมเดล 3 ตัวและทำนายว่า 2 ตัวเห็นว่าเป็นคลาส A และ 1 ตัวเห็นว่าเป็นคลาส B แล้ว Hard Voting จะทำนายว่าคลาส A เป็นคำตอบ

2) Soft Voting: ใช้ค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของแต่ละคลาสที่ถูกทำนายโดยแต่ละโมเดล เช่น ถ้ามีโมเดล 3 ตัวและทำนายว่าคลาส A มีความน่าจะเป็นเป็น 0.6, 0.7 และ 0.4 ตามลำดับ แล้ว Soft Voting จะทำนายค่าคลาส A โดยคำนวณค่าเฉลี่ยของความน่าจะเป็นของแต่ละโมเดล

โดยในขั้นตอนวิธีวิจัยจะเป็นการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python ในการจัดการเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติสำหรับการประมวลผล

ผลการวิจัย

การทดลองได้ใช้ภาพใบหน้าบุคคลสำหรับการฝึกสอนจำนวน 100 ภาพโดยประกอบด้วยภาพใบหน้าแบบเต็มใบหน้าและภาพเต็มใบหน้าที่มีบางส่วนถูกสร้างการปิดบังบริเวณดวงตาและบริเวณปากและถูกใช้ในการฝึกสอนให้กับแต่ละโมเดลการเรียนรู้ และในการทดสอบ ใช้ภาพใบหน้าสำหรับการทดสอบที่มีมุมมองต่าง ๆ บนใบหน้าจำนวน 100 ภาพ ผลการทดสอบได้ผลลัพธ์ค่าร้อยละความถูกต้อง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ร้อยละความถูกต้องของการรู้จำภาพใบหน้าบุคคล

ที่	รูปแบบใบหน้า	เทคนิคการรู้จำใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วน			
		Logistic Regression	Support Vector Machines	Random Forest	Voting Classifier
1	ใบหน้าโดยรวม	97 %	100 %	87 %	94.67 %
2	ใบหน้าเฉพาะส่วนแบบปิดบังบริเวณดวงตาด้วยพื้นหลังสีดำ	94 %	100 %	100 %	98 %
3	ใบหน้าเฉพาะส่วนแบบปิดบังบริเวณดวงตาด้วยพื้นหลังสีขาว	100 %	100 %	100 %	100 %
4	ใบหน้าเฉพาะส่วนแบบปิดบังบริเวณปากด้วยพื้นหลังสีดำ	100 %	100 %	100 %	100 %
5	ใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วนโดยนำภาพทั้งใบหน้าเต็มและแบบปิดบังใบหน้า	80 %	87 %	98 %	**88.33 %**

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. วิธีการรู้จำใบหน้าบุคคลด้วยภาพใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วน ด้วยการโปรแกรมโดยใช้ภาษา Python มีขั้นตอนการประมวลผลเริ่มจาก (1) การเตรียมรูปภาพของบุคคลตัวอย่างจำนวน 120 ภาพต่อคน (2) การฝึกสอน (train) ใช้รูปภาพใบหน้าที่ประกอบด้วยชุดข้อมูลภาพใบหน้าบุคคลแบบเต็มใบหน้าและแบบบางส่วนบนใบหน้าถูกปิดบังที่ป้อนให้กับ Algorithm Machine Learning Model ทั้งสามแบบจำนวน 100 ภาพและใช้ภาพใบหน้าจำนวน 100 ภาพสำหรับการทดสอบ (3) การ Coding เป็นขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม (4) การ Testing and Debugging เป็นขั้นตอนการทดสอบและแก้จุดบกพร่อง (5) การ Testing and validating ขั้นตอนการทดสอบและทำให้ถูกต้อง (6) การทำ Documentation เป็นขั้นตอนการทำเอกสารประกอบ และ (7) การทำ Program Maintenance เป็นขั้นตอนการบำรุงรักษาโปรแกรมและแสดงผลการวิเคราะห์ภาพใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วน

2. ผลการทดลองจากตารางที่ 1 เทคนิคที่นำเสนอหรือ Voting Classifier สามารถรู้จำใบหน้าบุคคลได้ความถูกต้องร้อยละ 88.33 เป็นระบบรู้จำที่มีฐานข้อมูลของภาพประกอบด้วย ใบหน้าโดยรวม, ใบหน้าเฉพาะส่วนแบบปิดบังบริเวณดวงตาด้วยพื้นหลังสีดำ, ใบหน้าเฉพาะส่วนแบบปิดบังบริเวณดวงตาด้วยพื้นหลังสีขาว และใบหน้าเฉพาะส่วนแบบปิดบังบริเวณปากด้วยพื้นหลังสีดำ โดยเทคนิคการรู้จำใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วน ทั้ง 3 แบบมีค่าความถูกต้องดังนี้ แบบ Logistic Regression ได้ความถูกต้องร้อยละ 80 แบบ Support Vector Machines ได้ความถูกต้องร้อยละ 87 และแบบ Random Forest ได้ความถูกต้องร้อยละ 98

3. ค่าความถูกต้องในการวิเคราะห์ภาพใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วนค่าที่ได้ไม่ถึงร้อยละ 100 มีผลมาจากการสกัดลักษณะเด่นของใบหน้าที่ในชุด dataset หรือชุดฝึกสอนมีลักษณะของรูปที่มีความละเอียดแตกต่างกันเช่น ขนาด 438 X 512 Pixels, ขนาด 2048 X 1272, ขนาด 2048 X 1365 Pixels เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. บทความนี้เป็นเพียงการนำเสนอเทคนิคการประมวลผลภาพเท่านั้น โดยการนำเสนอเป็นการใช้ชุดคำสั่งบนคอมพิวเตอร์ แต่ก็สามารถนำชุดคำสั่งของเทคนิคไปพัฒนารูปแบบ Web Application ที่รองรับภาษา Python เพื่อสะดวกต่อการใช้งานในอนาคตได้

2. ค่าร้อยละความถูกต้องในการวิเคราะห์ภาพใบหน้าโดยรวมและเฉพาะส่วนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณรูปภาพใบหน้า ความละเอียดของภาพ ระยะใกล้-ไกลของใบหน้าในภาพ เป็นต้น ซึ่งหากต้องการผลการวิจัยที่แม่นยำมากขึ้น อาจต้องใช้รูปภาพจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากกว่านี้ จะต้องใช้รูปภาพจำนวนมาก และเป็นรูปภาพที่มีความละเอียดที่เห็นใบหน้าชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

การทำบทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ และได้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งของอาจารย์ ดร.เตชค์ฐสิณป์ เพียซ้าย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำด้านการวิจัยและติดตามการทำวิทยานิพนธ์นี้อย่างใกล้ชิด

ตลอดมา ตั้งแต่เริ่มกระบวนการวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณครูดำรงค์ สุพล วิทยาลัยอาชีวศึกษาแพร่ และรองผู้อำนวยการ เรวัธ จิตจง วิทยาลัยสารพัดช่างแพร่ ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำ และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจตลอดการทำบทความวิจัยที่เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ให้คำแนะนำในระหว่างที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเล่าเรียนและทำวิจัยตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ ตรีประพิณ และคณะ. (2561). การพัฒนาระบบตรวจสอบนักศึกษาเข้าเรียนด้วยวิธีการรู้จำใบหน้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 20*(2), 92-105.

ศันศนีย์ หิรัญจันทร์ และ จิระ ทิวถาวรวงศ์. (2563). ระบบตรวจจับหน้าใบหน้าเพื่อยืนยันตัวบุคคลเพื่อสนับสนุนระบบทะเบียนอาชญากร. *วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม. 1*(6), 1-7.

วิทัศน์ จาตุรงค์กร และ ฉัตรเกล้า เจริญผล. (2563). วิธีการปรับปรุงคุณลักษณะสำหรับการจำแนกภาพใบหน้าที่ถูกรบกวนจากแสงโดยขั้นตอนวิธีผสมผสาน. 3(39), 344-354.

อะดาว น้องวี และ บุญชัย แซ่สิ้ว และ ศุภรัชชัย วรรัตน์. (2564). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า เพื่อบันทึกเวลาเข้าออกของพนักงาน. *วารสารวิชาการ “การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม”. 8*(1), 99-113.

เอกรัตน์ สุขสุคนธ์. (2564). การค้นหาใบหน้าบุคคลและวัตถุบริเวณดวงตาโดยใช้แบบจำลองสีร่วมกับ การประมวลผลภาพ. *วารสารวิจัย. 14*(1), 42-53.

ณธีพงศ์ อธิพิทักษ์เมธ. (2561). *การวิเคราะห์ใบหน้าเพื่อยืนยันตัวบุคคลสำหรับระบบบันทึกเวลาการเข้าทำงาน กรณีศึกษา บริษัท เมโทรซิสเต็มส์คอร์ปอเรชั่น จำกัด(มหาชน).* (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต,สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น).

ศานต์สัมพันธ์ จิรกุลชัยวงศ์ และดร.จีระยุทธ เวทย์วีระพงศ. (2562, 15 มีนาคม). การปรับปรุงการรู้จำภาพใบหน้าของวิธีไอเกนเฟส. [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20, ขอนแก่น, ประเทศไทย

ศุภกิตติ โสภาสพ. (2560). *การพัฒนาเทคนิคการตรวจจับพื้นที่ใบหน้าและวัตถุบริเวณดวงตาโดยใช้การประมวลผลภาพ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

พิชญา จตุรวัฒน์, ภาสินี พงศ์มานะวุฒิ และ มานพ พันธ์โคกกรวด. (2560). *การพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยการตรวจจับ และรู้จำใบหน้า*. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุวัฒน์ บรรลือ และ ขนิษฐา อินทะแสง. (2562). ประสิทธิภาพระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนด้วยภาพใบหน้าโดยใช้เทคนิคแอลบีพี. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด. 14*(1), 147-158.