

วิธีการปรับปรุงคุณลักษณะสำหรับการจำแนกภาพใบหน้าที่ถูกบดบังจากแสงโดยขั้นตอนวิธีผสมผสาน

Feature improvement for classification of face images under varying light conditions using a hybrid algorithm

วิทัศน์ จาตุรงค์กร^{1*}, ฉัตรเกล้า เจริญผล²

Witas Jaturongkorn^{1*}, Chatklaw Jareanpon²

Received: 25 December 2019 ; Revised: 12 February 2020 ; Accepted: 6 March 2020

บทคัดย่อ

การปรับปรุงคุณภาพของภาพ เป็นขั้นตอนสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้าที่มีสิ่งรบกวนเช่น เงา และแสงให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพ ในการสกัดคุณลักษณะและการรู้จำใบหน้า ในงานวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาคุณภาพของภาพใบหน้าที่อยู่ในสภาวะของแสงที่ไม่คงที่ เช่น อยู่ในที่มีมืดหรือสว่างเกินไปทำให้ใบหน้าบางส่วนหายไปจากภาพและไม่สามารถนำไปรู้จำใบหน้าแบบปกติ ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะใช้การผสมผสานวิธีการในการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้าโดยใช้วิธีการ self quotient image เป็นหลัก และผสมผสานกับขั้นตอนวิธี weber, mean filter และ wavelet โดยทดลองกับฐานข้อมูลภาพใบหน้ามาตรฐานของ Yale B database ที่มุ่มของสภาวะแสงแตกต่างกันจากจำนวน 4 ชุดข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยพบว่า การผสมผสานวิธีการของ weber face + self quotient image + mean filter นั้นได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการจัดผลกระทบของแสงและเงาบนภาพใบหน้าโดยประสิทธิภาพเฉลี่ยของการรู้จำใบหน้าอยู่ที่ 99.40%

คำสำคัญ: ภาพใบหน้าที่อยู่ในสภาวะของแสงที่ไม่คงที่ ตัวกรอง การปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้า การรู้จำภาพใบหน้า พิกเซล

Abstract

Image improvement is an important process for enhancing the quality of facial images under varying light condition in which shadow and light affects the performance of feature extraction and face recognition. This research proposed the development of image normalization for illumination, such as dark light and over light that creates some invisible face area and it is unable to use the normal face recognition process . This research uses self-quotient image as a main algorithm that to be hybridized with the weber, mean filter and wavelet methods. The standard dataset called Yale B database is used for demonstrating the performance of our proposed algorithm. The dataset is divided into 4 datasets. The self-quotient image together with weber face and mean filter creates the best result for reducing the illumination from shadow and light and helps improve the face recognition rate to reach 99.40%.

Keywords: face image under varying light condition, filter, improvement face image, face recognition, pixel

¹ นิสิตปริญญาโท คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัด มหาสารคาม 44150

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัด มหาสารคาม 44150

¹ Master's degree, Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai, District, Maha Sarakham 44150, Thailand

² Assistant professor, Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai, District, Maha Sarakham 44150, Thailand

บทนำ

การประมวลผลภาพ (image processing) เป็นงานที่มีเป้าหมายให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพต่างๆ ที่ต้องการอย่างอัตโนมัติ เพื่อที่จะนำผลลัพธ์หรือสารสนเทศที่ได้นั้นไปใช้ประโยชน์ ซึ่งยังรวมถึงการจำแนกบุคคลในภาพใบหน้า โดยวิธีการคือการเทียบ (match) คุณลักษณะของภาพใบหน้ากับภาพใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า การรู้จำใบหน้า (face recognition) ในปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการในการรู้จำใบหน้าอย่างหลากหลาย ซึ่งแต่ละงานวิจัยได้นำเสนอเทคนิคต่างๆ ในการรู้จำใบหน้าเช่น การใช้ Principal Component Analysis (PCA)⁹ ในการช่วยระบุตัวตนของบุคคลผู้เป็นเจ้าของใบหน้า เพื่อใช้ระบุตัวตนแทนพาสเวิร์ด¹⁰ ต่อมาได้มีการพัฒนาด้านการปรับปรุงคุณภาพของภาพ(normalization) เพื่อให้ภาพมีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยมีเป้าหมายในการขจัดผลกระทบของแสงและเงาที่เกิดขึ้นบนภาพใบหน้าซึ่งจะมีผลทำให้ภาพใบหน้าถูกบดบังไปบางส่วน ซึ่งวิธีการต่างๆ ที่ได้มีการนำเสนอมีหลากหลาย เช่น Homomorphic filter¹ Local Binary Pattern(LBP)² Self quotient image, Mean filter, Weber Face⁴, Wavelet Normalization เช่นในงานวิจัยของ Juanjuan และ คณะ¹³ ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการใหม่ในการรู้จำใบหน้าใน สภาวะที่แสงไม่คงที่ โดยการนำภาพไปผ่านกระบวนการ Morphological operation ทั้ง close และ open จากนั้นนำภาพมาผ่านกระบวนการ Self Quotient Image ซึ่งผลที่ได้นั้น ภาพที่ผ่านกระบวนการ Close operation มีประสิทธิภาพมากกว่า Open operation โดยทาง Juanjuan และคณะเรียกวิธีการของพวกเขาว่า Morphological Self Quotient Image (MQI) Hong และคณะ¹⁴ ได้นำเสนองานวิจัยในการปรับปรุงใบหน้ารีแพทเทิร์น (Local Binary Pattern, LBP) ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการรู้จำใบหน้าในสภาวะที่แสงไม่คงที่ เพราะ LBP นั้นยังทำงานได้ไม่ดีพอทาง Hong และ คณะจึงได้ทำการเพิ่มขั้นตอนการ ปรับปรุงภาพเข้าไปโดยใช้วิธีการที่เรียกว่า DMQI (Dynamic Morphological Quotient Image) ซึ่งเป็นวิธีที่ Hongและคณะ ได้ปรับปรุงจากวิธีการ MQI ของ Juanjuan และคณะ¹³ โดยการแบ่งภาพออกเป็น Block ขนาด 7x7 จากนั้นกำหนดค่าน้ำหนักลงในแต่ละส่วน จากนั้นจึงนำภาพไปผ่านกระบวนการ LBP ซึ่งเป็นวิธีการในการขจัดผลกระทบของแสงและเงาที่ปรากฏในภาพใบหน้า Wang และ คณะ⁴ ได้นำเสนองานวิจัยในการรู้จำภาพใบหน้าที่ได้รับผลกระทบของแสงโดยการใช้ Weber face โดยการสร้างเทมเพลตขนาด 9x9 ขึ้นมา จากนั้นจะทำการคำนวณโดยการเทียบค่าระหว่างค่าพิกเซลที่อยู่ตรงกลางกับค่าพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียง และคำนวณโดยสมการที่ 2 เพื่อให้ได้ภาพที่ถูกขจัดผลกระทบของแสงและเงาออกไปทำให้มองเห็นองค์ประกอบของใบหน้าเช่น ดวงตา, จมูก และ ปาก ได้อย่างชัดเจน

ซึ่งผลการทดลองกับชุดข้อมูล Yale B Database ในงานวิจัยของ Wang และ คณะ อยู่ที่ 98.3% Jung และ Yin¹⁰ ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำใบหน้าโดยการใช้ SQI (Self Quotient Image) ร่วมกับ DWT (Discrete Wavelet Transform) ซึ่งเป็นการปรับปรุงการขจัดผลกระทบของแสงโดยการผสมผสานวิธีการ SQI และ DWT ซึ่งในงานวิจัยของ Jung และ Yin¹⁰ นั้นได้ทำการนำภาพมาผ่านกระบวนการ DWT ซึ่งได้มีการปรับปรุงในส่วนของตัวกรองย่านความถี่ต่ำ (LL) และความถี่สูง (LH, HL, HH) โดยการเพิ่มค่าน้ำหนักเข้าไป ซึ่งเมื่อภาพผ่านกระบวนการนี้แล้วก็นำภาพไปผ่านตัวกรอง SQI ต่อไปซึ่งประสิทธิภาพในงานวิจัยของ Jung และ Yin ให้ค่าความแม่นยำในการรู้จำภาพใบหน้าเฉลี่ยอยู่ที่ 98.82% จากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้พบว่ามีการนำวิธีการในการขจัดผลกระทบของแสงมาผสมผสานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้าที่ดีขึ้น จึงนำมาสู่งานวิจัยฉบับนี้ซึ่งจะนำวิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบนามาผสมผสานระหว่างวิธี Self quotient image, Mean filter, Weber face และ Wavelet Normalization ทั้งสิ้น 3 วิธีการซึ่งทั้ง 3 วิธีการนี้มีประสิทธิภาพในการขจัดผลกระทบของแสงและเงาจากภาพใบหน้าได้เป็นอย่างดีอ้างอิงจากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำมาผสมผสานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น โดยในการขจัดผลกระทบของแสงในงานวิจัยนี้จะวัดประสิทธิภาพของตัวกรองแบบต่างๆ ทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสมผสาน ซึ่งในการผสมผสานนี้ จะมีการเพิ่มตัวกรองที่เรียกว่า Mean filter โดยตัวกรองนี้นิยมใช้เพื่อช่วยให้ภาพที่ผ่านการขจัดผลกระทบของแสงแล้วนั้นมีค่าพิกเซลใกล้เคียงกับภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันก่อนที่จะถูกนำไปสกัดคุณลักษณะ และเพื่อทดสอบว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการรู้จำภาพมากขึ้นเพียงใด

วัตถุประสงค์

เพื่อหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้าที่ได้ผลกระทบของแสงแบบผสมผสานที่มีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาและนำเอาทฤษฎีทางด้านการประมวลผลภาพ การจำแนก การสกัดคุณลักษณะและวัดประสิทธิภาพดังนี้

1. ทฤษฎีการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย

ภาพที่ถูกผลกระทบของแสงและเงาจะทำให้ภาพบางส่วนขาดหายไป ทำให้การจำแนกภาพไม่มีประสิทธิภาพมากนัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนที่จะนำไปจำแนกภาพเพื่อขจัดผลกระทบของแสงและเงาที่เกิดขึ้นบนภาพ โดยวิธีการที่นิยมใช้กันในการปรับปรุงคุณภาพของภาพมีดังนี้

1.1 Self quotient image (SQI)

Self quotient image นำเสนอโดย Wang และคณะ³ มีพื้นฐานมาจากวิธีการของ Quotient image โดยเปลี่ยนจากการใช้ภาพหลายๆ ภาพนำมาหารกับภาพต้นฉบับ มาเป็นนำภาพใบหน้าเพียงภาพเดียวคือภาพต้นฉบับมาหารด้วยภาพต้นฉบับเดียวกันแต่ผ่านตัวกรอง ดังสมการที่ 1

$$SQI_{(x,y)} = \frac{I_{(x,y)}}{F * I_{(x,y)}} \quad (1)$$

โดยที่

SQI คือภาพผลหาร(ผลลัพท์)

$I_{(x,y)}$ คือภาพต้นฉบับ

F คือตัวกรอง

ในงานวิจัยของ Wang และคณะ ได้ใช้ตัวกรองแบบเกาส์เซียน ซึ่งแสดงใน Figure 1 ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างภาพใบหน้าต้นฉบับ (a) กับภาพใบหน้าทีผ่านกระบวนการ Self quotient image แล้ว (b)

1.2 Weber face (WF)

Weber face ได้ถูกนำเสนอโดย Wang และคณะ⁴ เพื่อที่จะแก้ปัญหาภาพที่ได้รับผลกระทบของแสง ซึ่งจะเป็นการคำนวณระหว่างค่าความเข้มของพิกเซล (pixel) และพิกเซล ที่อยู่ใกล้เคียงจากนั้นจะคำนวณอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความแตกต่างของค่าความเข้มกับ พิกเซล ปัจจุบันแสดงในสมการที่ 2

$$W(x,y) = \arctan \left(\alpha \sum_{i,j} \frac{I(x_i,y_j) - I(x,y)}{I(x,y)} \right) \quad (2)$$

โดยที่

α คือ ค่าสเกลาร์

$I_{(x,y)}$ คือค่าพิกเซลที่อยู่ตรงกลางสำหรับใช้คำนวณกับพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียง

$I(x_i,y_j)$ คือค่าพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงกับพิกเซลที่อยู่ตรงกลาง

ภาพใบหน้าทีผ่านกระบวนการ Weber face แสดงใน Figure 1 (c)

1.3 Wavelet transform (WT)

Wavelet transform ได้ถูกนำเสนอโดย Fan และคณะ⁵ ซึ่งได้นำมาประยุกต์ใช้กับงานประมวลผลภาพโดย ที่จำแนกภาพออกเป็น sub-band เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นบนภาพ โดยจะทำการนำภาพไปแยกผ่านตัวกรองความถี่ต่ำ

(low-pass filter) และตัวกรองความถี่สูง(high-pass filters) ซึ่งจะแยกออกเป็น 4 sub-band ดังนี้ LL คือ ความถี่ต่ำที่พบได้เป็นส่วนมากในภาพต้นฉบับ LH และ HL และภาพทีผ่านการหาค่าสัมประสิทธิ์รวมเป็น 4 sub-band ในขั้นตอนของการแปลงแยกออกเป็น sub-band นี้จะทำการเพิ่มค่าน้ำหนักเข้าไปในส่วนของตัวกรอง LL LH และ HL จากนั้นจะทำการแปลงกลับเป็นภาพที่ถูกจัดผลกระทบของแสงและเงาซึ่งภาพทีผ่านตัวกรอง wavelet transform แสดงใน Figure 1 (d)

1.4 Mean filter (MF)

Mean filter¹² เป็นตัวกรองอย่างง่ายที่จะสร้างเทมเพลตขนาด 3x3 มาคำนวณโดยจะนำพิกเซลในภาพใกล้เคียงทั้งหมดมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนของพิกเซลเป็นค่าเฉลี่ย ภาพใบหน้าทีผ่านตัวกรองจากค่าเฉลี่ยแสดงใน Figure 1 (e)

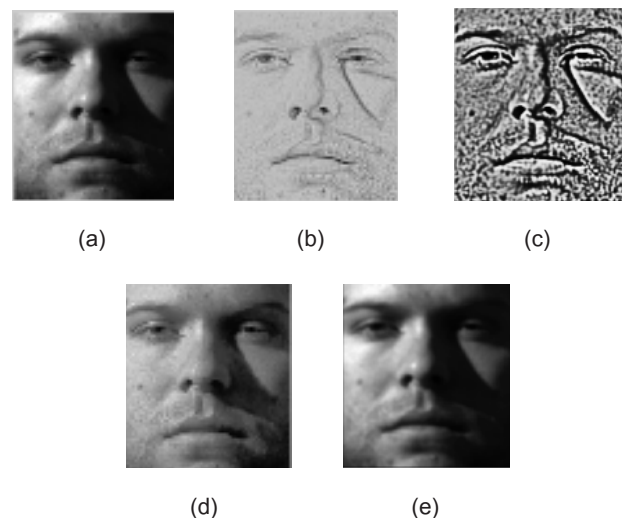


Figure 1 Original (a) SQI (b) WF(c) WT(d) MF(e)

จาก Figure 1 จุดประสงค์ของตัวกรองที่ใช้ในการจัดผลกระทบของแสงและเงาบนใบหน้า นั้น มีหลักการทางานคือ จะทำการคำนวณเพื่อลดค่าของพิกเซลให้อยู่ในที่อยู่ในภาพแต่ละพิกเซลให้มีค่าต่ำลง โดยใช้สมการในแต่ละวิธีการ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มานั้นจะเป็นภาพที่ถูกจัดในส่วนองเงาที่บดบังองค์ประกอบของใบหน้าและแสงที่สะท้อนบนใบหน้า โดยจะพยายามทำให้ภาพใบหน้าทีผ่านกระบวนการนี้สามารถมองเห็นองค์ประกอบของใบหน้า เช่น ตา จมูก และปาก เป็นต้น เพื่อที่จะทำการสกัดคุณลักษณะและนำไปสู่ขั้นตอนของการรู้จำใบหน้าต่อไป จาก Figure 1 จะพบว่าการจัดผลกระทบของแสงและเงาบนภาพใบหน้าทีผ่านตัวกรองในแบบต่างๆ นั้น มีไม่เท่ากัน

2. การสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction)

Histogram of Oriented Gradient (HOG)⁶ เป็นการสกัดคุณลักษณะด้วยค่าความถี่ของทิศทางของเกรเดียนต์ โดยภาพจะถูกแบ่งออกเป็นภาพย่อย (Block) ขนาด $n \times n$ จากนั้นจะคำนวณเพื่อหาค่าเกรเดียนต์ในแนวแกนแนวนอน G_x และแนวตั้ง G_y ในทุกตำแหน่งของภาพ (x,y) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4

$$G_x = f(x+1, y) - f(x-1, y) \quad (3)$$

$$G_y = f(x, y+1) - f(x, y-1) \quad (4)$$

จากสมการที่ 3 และ 4 $f(x, y)$ คือค่าความสว่าง ณ ตำแหน่ง (x, y) จากนั้นจะคำนวณหาค่าเกรเดียนต์แมกนิจูด (Gradient Magnitude) ด้วยสมการที่ 5

$$M(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (5)$$

จากนั้นจะสร้างค่าความถี่โดยคำนวณจากค่าความถี่ของค่าทิศทางเกรเดียนต์ที่ปรากฏในแต่ละภาพย่อย โดยค่าทิศทางของเกรเดียนต์จะถูกจัดเก็บลงใน Orientation Bin ตามขนาดที่กำหนดไว้ ซึ่งการคำนวณทิศทางหามุมทิศทางของเกรเดียนต์คำนวณได้จากสมการที่ 6

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{G_x}{G_y} \quad (6)$$

ในการเก็บค่าความถี่ของทิศทางเกรเดียนต์จะใช้ภาพย่อยขนาด 3×3 เซลล์ ซึ่งจะประกอบด้วยเซลล์ย่อยทั้งหมด 9 เซลล์ในแต่ละเซลล์จะมีทิศทาง 9 ทิศทาง แสดงใน Figure 2 โดยหลังจากคำนวณทิศทางของเกรเดียนต์ใน Block แล้วจะทำการเลื่อนไปยังตำแหน่งถัดไปจนครบทั่วทั้งภาพซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าของทิศทางเกรเดียนต์ที่ผ่านการคำนวณออกมาซึ่งทิศทางที่เกรเดียนต์ชี้ไปนั้นจะเป็นขอบของภาพซึ่งคือเส้นต่างๆ ในภาพดังนั้นค่าความถี่ของทิศทางเหล่านี้จะระบุแทนรูปร่างของภาพ

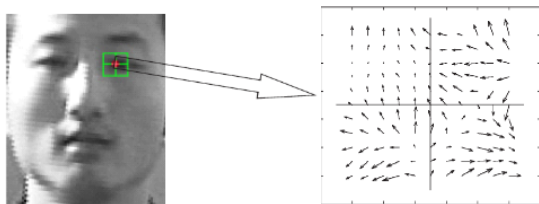


Figure 2 Simple image with HOG feature⁶

จาก Figure 2 จะพบว่า ลูกศรทิศทางเกรเดียนต์ชี้ไปทางทิศใดบ้างในแต่ละ Block โดยที่ จำนวนลูกศรที่ชี้ไปนั้นมีลูกศรที่ชี้ไปทางทิศใดบ้าง มีจำนวนเท่าใด นั่นคือ ค่าความถี่ของทิศทางเกรเดียนต์ ซึ่งจะระบุเป็นคุณลักษณะของภาพ

3. การจำแนกประเภท (Classification)

เป็นขั้นตอนในการจำแนกข้อมูลว่าอยู่ในหมวดหมู่ประเภทไหน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเป็นการจำแนกภาพของใบหน้าว่าภาพใบหน้านั้นเป็นของบุคคลใด

3.1 วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K-NN (K-Nearest Neighbour)

K-Nearest Neighbour⁷ เป็นวิธีในการจำแนกกลุ่มของข้อมูล โดยจะกำหนดค่า K ซึ่งก็คือจำนวนของข้อมูลที่อยู่ใกล้กับข้อมูลที่ต้องการจัดกลุ่มโดยการวัดระยะห่างระหว่างข้อมูล จำนวนของข้อมูลที่อยู่ใกล้กับจุดที่ต้องการจะจัดกลุ่มโดยคิดจากค่า K เช่น หากกำหนด $K=3$ ข้อมูลที่อยู่ใกล้กับจุดข้อมูลที่ต้องการจะจัดกลุ่มที่มีระยะห่างใกล้ที่สุด 3 ค่า ซึ่งการคำนวณระยะห่างจะคำนวณโดยใช้สมการวัดระยะทาง (Distance function) เช่น Euclidean distance⁸ ซึ่งเป็นการหาระยะห่างระหว่างจุด 3 จุด p และ q ถ้า $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ และ $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ ดังนั้นระยะห่าง (Distance) (d) จาก p ไป q หรือจาก q ไป p จะคำนวณได้ตามสมการที่ 7

$$d(p, q) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2} \quad (7)$$

จากสมการที่ 3 เป็นการหา Euclidean distance แบบ 2 มิติ ซึ่งประกอบไปด้วยแกน x และ แกน y ซึ่งนิยมใช้ในการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลซึ่งมี 2 คุณลักษณะ แต่ในงานที่ข้อมูลมีหลาย คุณลักษณะ นั้นจะใช้ Euclidean distance แบบ n มิติ ซึ่งแสดงในสมการที่ 8

$$d(p, q) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \dots + (q_n - p_n)^2} \quad (8)$$

4. การวัดประสิทธิภาพ

Confusion matrix¹¹ เป็นวิธีการในการวัดประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ในการทำนายการจำแนกของข้อมูล เปรียบเทียบกับผลเฉลย แสดงใน Figure 3

Actual class	Prediction class		
		Class=Yes	Class=No
	Class=Yes	TP	FP
	Class=No	FN	TN

Figure 3 Confusion matrix

จาก Figure 3 TP (True Positive) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสที่สนใจ FP (False Positive) คือจำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดว่าเป็นคลาสที่สนใจ FN (False Negative) คือจำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสที่ไม่สนใจ TN (True Negative) คือจำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกมาเป็นคลาสที่ไม่สนใจ

Recall หรือค่าการระลึก คือค่าที่โปรแกรมทำนายได้ว่าจริงมีอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด คำนวณได้จากสมการที่ 9

$$Recall = \frac{TP}{TP+FP} \quad (9)$$

Specificity คือ ค่าที่โปรแกรมทำนายผิด เป็นอัตราส่วนเท่าไรของส่วนที่ทำนายได้จริง คำนวณได้จากสมการที่ 10

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FN} \quad (10)$$

Precision คือ ค่าที่โปรแกรมทำนายว่าจริงถูกต้องเท่าไร คำนวณได้จากสมการที่ 11

$$Precision = \frac{TP}{TP+FN} \quad (11)$$

Accuracy คือ ค่าที่บอกว่ามีการทำนายข้อมูลถูกต้องและมีค่าความแม่นยำเท่าไร คำนวณได้จากสมการที่ 12

$$Accuracy = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \quad (12)$$

วิธีการวิจัย

1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลจาก ฐานข้อมูล Yale B database¹⁵ ซึ่งประกอบด้วยภาพใบหน้าของบุคคล 38 คนซึ่งแต่ละคนประกอบด้วยภาพใบหน้าที่อยู่ในสภาวะของแสงต่างๆ ที่ตกกระทบบนใบหน้า 64 แบบ รวมทั้งสิ้น 2,432

ภาพและ เป็นภาพที่ตัดมาเฉพาะส่วนของใบหน้า ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งภาพใบหน้าออกเป็น ชุดฝึกสอน 1 ชุดและชุดทดสอบ 4 ชุดตามมุมของแสงที่ตกกระทบบนภาพใบหน้าดังนี้

1) ชุดฝึกสอนจะใช้ภาพใบหน้าที่แสงตกกระทบในมุมที่ 0° ถึง 10° มีจำนวน 532 ภาพแสดงดังภาพตัวอย่างใน Figure 4



Figure 4 Train dataset

2) ชุดทดสอบจะใช้ภาพที่แสงตกกระทบบนภาพใบหน้าที่อยู่ในมุมตั้งแต่ 15° ถึง 130° แบ่งออกเป็น 4 ชุดตามองศา ดังนี้ ชุดที่ 1 (15° ถึง 25°) มีจำนวนภาพใบหน้า 380 ภาพ ชุดที่ 2 (35° ถึง 60°) มีจำนวนภาพใบหน้า 608 ภาพ ชุดที่ 3 (70° ถึง 95°) มีจำนวนภาพใบหน้า 456 ภาพ และชุดที่ 4 (110° ถึง 130°) มีจำนวนภาพใบหน้า 456 ภาพซึ่งได้แสดงตัวอย่างภาพใบหน้าของแต่ละชุดทดสอบไว้ใน Figure 5-8



Figure 5 Test dataset 1



Figure 6 Test dataset 2



Figure 7 Test dataset 3

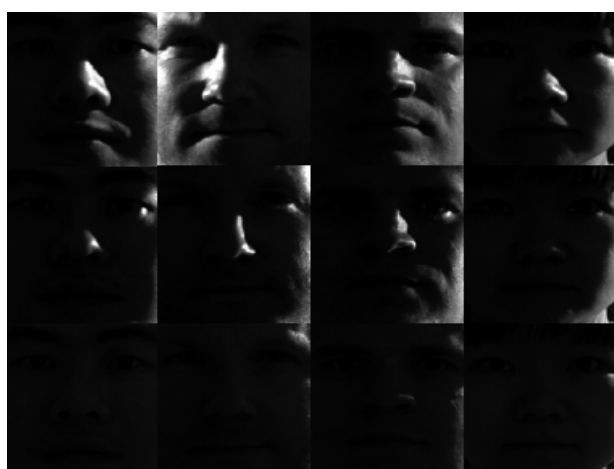


Figure 8 Test dataset 4

2. ขั้นตอนการวิจัย

กรอบการวิจัยนี้แสดงใน Figure 9 ซึ่งจะนำภาพแต่ละชุดข้อมูลทั้งชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพด้วยตัวกรองในแต่ละวิธีการ ซึ่งรวมทั้งสิ้น 9 กระบวนการ โดยแบ่งออกเป็นวิธีที่ใช้ตัวกรองแบบเดียว 3 วิธี ได้แก่ SQI, WT และ WF ส่วนในขั้นตอนของการผสมผสานนั้น ในกรณีที่ใช้วิธีการผสมระหว่าง SQI, WT หรือ WF จะเริ่มจากวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้า แล้วภาพที่ผ่านกระบวนการนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด กล่าวคือ จะนำกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลน้อยที่สุดเริ่มจัดผลกระทบบ่อน จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลมากที่สุด ยกเว้นในส่วนของการ Mean filter ที่จะใช้ในขั้นตอนสุดท้ายในการผสมผสานเพื่อทดสอบว่า จะมีการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้นหรือไม่ และในกระบวนการสุดท้ายจะเป็นการนำทุกกระบวนการมาผสมผสานกัน โดยเริ่มกระบวนการที่ทำให้ค่าพิกเซลเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด โดยในที่นี้จะเริ่มจากกระบวนการ WT ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อรวมทั้งหมดแล้ว ในงานวิจัยนี้จะมีกระบวนการที่ใช้ทั้งหมด 9 กระบวนการ

กระบวนการที่ 1 SQI คือการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ SQI

กระบวนการที่ 2 SQI+MF คือการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วย Self quotient image จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการ Mean filter

กระบวนการที่ 3 WT คือการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Wavelet transform

กระบวนการที่ 4 WF คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Weber face

กระบวนการที่ 5 WT+SQI คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Wavelet transform จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการ Self quotient image

กระบวนการที่ 6 WF+SQI คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Weber face จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการ Self quotient image

กระบวนการที่ 7 WT+SQI+MF คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Wavelet transform จากนั้นจะนำไปผ่าน

กระบวนการ Self quotient image และนำไปผ่านกระบวนการ Mean filter

กระบวนการที่ 8 WF+SQI+MF คือกระบวนการนำภาพชุดฝึกสอนและชุดทดสอบไปผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการ Weber face จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการ Self quotient image และนำไปผ่านกระบวนการ Mean filter

กระบวนการที่ 9 จะเป็นการนำตัวกรองทั้งหมดมาใช้ร่วมกัน โดยเริ่มจากนำภาพมาผ่านตัวกรอง Wavelet transform จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการ Weber face แล้วนำไปผ่านกระบวนการ Self Quotient Image และสุดท้ายนำไปผ่านกระบวนการ Mean filter ตามลำดับ

หลังจากที่ผ่านกระบวนการต่างๆ 9 วิธีการแล้วจะ

ทำการสกัดคุณลักษณะของข้อมูลในแต่ละกระบวนการด้วยวิธีการ หาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ และจะนำชุดฝึกสอนและชุดทดสอบที่ผ่านกระบวนการแต่ละกระบวนการมาจำแนกโดยใช้วิธีการ KNN กำหนดค่า $K=5$ เมื่อได้ผลลัพธ์การทำนายแล้วจะนำไปเปรียบเทียบกับผลเฉลยเพื่อวัดประสิทธิภาพโดยใช้ Confusion matrix ในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าความแม่นยำเป็นเกณฑ์ซึ่งในงานวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำใบหน้าจะใช้คำว่า “ประสิทธิภาพในรู้จำใบหน้า” (Face recognition rate) ในการวัดประสิทธิภาพของตัวกรองแบบต่างๆ และจะทำการวัดประสิทธิภาพและเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลในชุดเดียวกันว่าในแต่ละชุดข้อมูล ตัวกรองที่ใช้วิธีการใดมีประสิทธิภาพมากที่สุดและหาค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในแต่ละวิธีการว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งกรอบการวิจัยในงานวิจัยนี้แสดงใน Figure 9

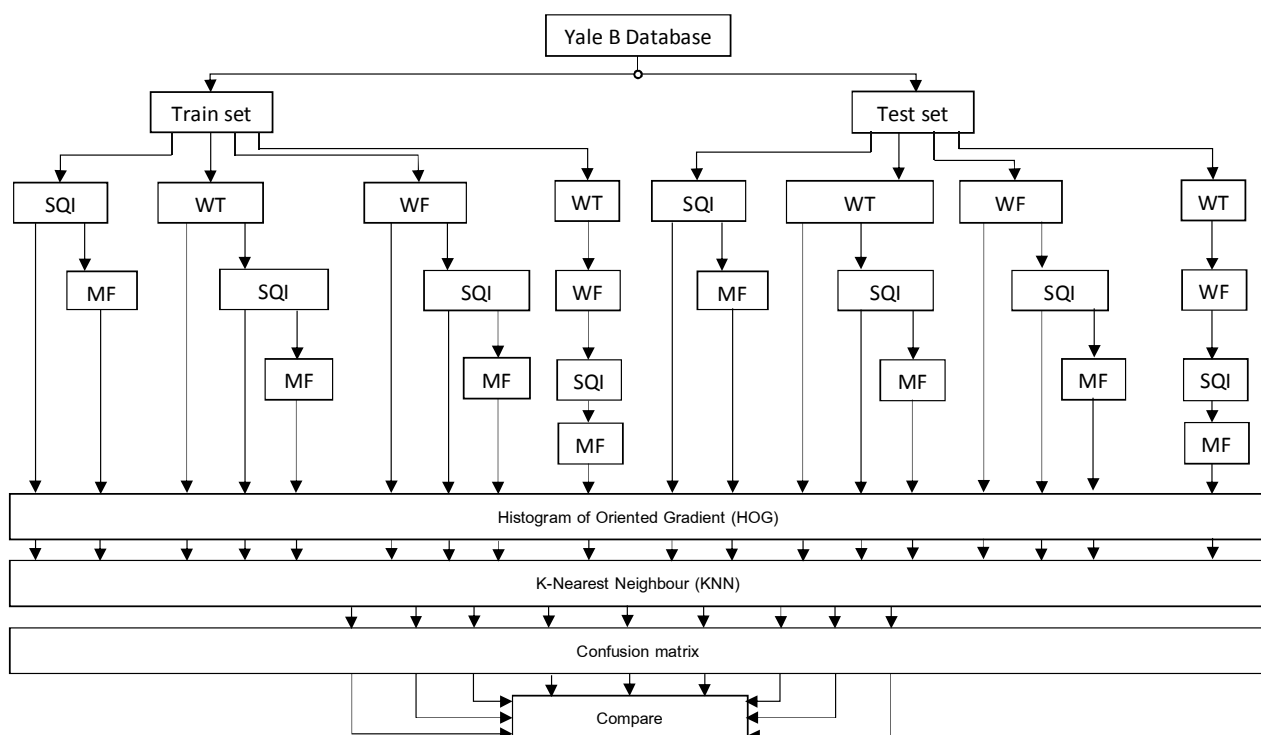


Figure 9 Flowchart

ผลการวิจัยการปรับปรุงคุณภาพใบหน้า

ภาพใบหน้าที่ผ่านกระบวนการในการจัดแสงสว่าง ซึ่งในงานวิจัยนี้คือส่วนของภาพใบหน้าที่เกิดเงาบนภาพ ทำให้บางส่วนของภาพใบหน้าหายไป และส่วนของภาพใบหน้าที่เกิดการสะท้อนของแสงทำให้บางส่วนของภาพใบหน้าหายไปเช่นกัน โดยวิธีการที่นำมาใช้ในการทดลองนี้สามารถจัดผลกระทบในส่วนนี้ออกไปได้ ซึ่งตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือในส่วนของภาพใบหน้าที่อยู่ในมุมของแสงที่ตกกระทบบนภาพใบหน้าที่ 110° ขึ้นไป ซึ่งภาพนั้นได้ถูกบดบังด้วยเงาทำให้ภาพใบหน้าที่ปรากฏนั้นมีส่วนประกอบของใบหน้าไม่ชัดเจน ซึ่งในรูปที่แสดงตัวอย่างของภาพใบหน้าในข้อมูลชุดทดสอบที่ 4 จะแสดงใน Figure 10-12 จะเป็นการเปรียบเทียบของภาพใบหน้าต้นฉบับที่ถูกผลกระทบของแสงและเงาเป็นอย่างมากกับภาพใบหน้าที่ผ่านการจัดผลกระทบของแสงและเงาด้วยวิธีการ Self quotient image, Wavelet transform และ Weber face

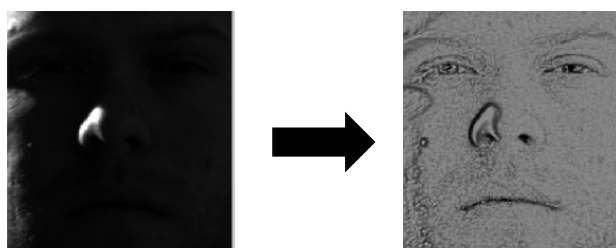


Figure 10 Self quotient image

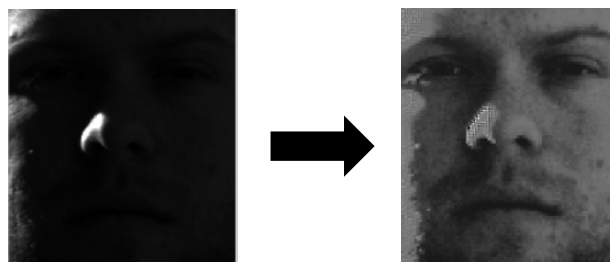


Figure 11 Wavelet transform

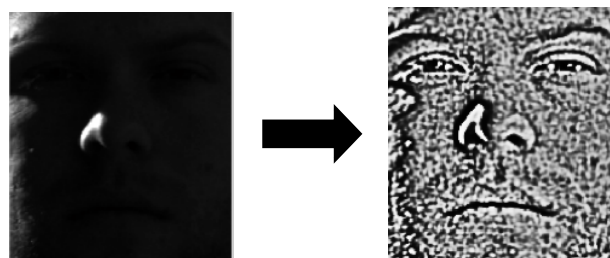


Figure 12 Weber face

จากนั้นได้ทำการวัดประสิทธิภาพของโมเดลโดยการใช้ Confusion matrix ซึ่งผลการทดลองแสดงใน Table 1 และได้ทำการวัดประสิทธิภาพด้านเวลาในกระบวนการของการทดลองในชุดข้อมูลต่างๆ ตั้งแต่ขั้นตอนในการสกัดคุณลักษณะไปจนถึงการจำแนกภาพใบหน้า และแสดงผลใน Table 2 และภาพใบหน้าที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของใบหน้าใน 8 ขั้นตอน แสดงตัวอย่างใน Figure 13 โดยการเป็นการแสดงตัวอย่างของภาพใบหน้าในชุดข้อมูลทดสอบตั้งแต่ 1 ถึง 4 โดยจะแสดงความแตกต่างของผลลัพธ์ของภาพใบหน้าที่ผ่านตัวกรองแต่ละตัว

Table 1 Face recognition rate

Algorithm	Test dataset 1	Test dataset 2	Test dataset 3	Test dataset 4	Average	Percentage
SQI	99.49	98.35	94.95	91.22	96.00	%
SQI+MF	99.47	97.57	97.63	98.36	98.38	%
WT	99.76	96.87	88.15	81.57	91.58	%
WF	100	98.51	96.71	94.29	97.37	%
WT+SQI	99.49	98.19	96.71	96.05	97.61	%
WF+SQI	100	98.42	95.61	93.90	96.98	%
WT+SQI+MF	99.49	99.83	98.24	99.78	99.33	%
WF+SQI+MF	100	99.28	98.34	100	99.40	%
WT+WF+SQI+MF	100	99.25	98.31	100	99.39	%

Table 2 Time rate

Algorithm	Test dataset 1	Test dataset 2	Test dataset 3	Test dataset 4	Average	Seconds
SQI	305.25	470.96	337.7	324.64	359.61	Seconds
SQI+MF	306.25	496.39	347.44	373.29	380.84	Seconds
WT	14.37	24.32	17.07	17.36	18.28	Seconds
WF	76.43	123.7	91.52	90.6	95.56	Seconds
WT+SQI	422.44	413.61	435.53	374.51	411.52	Seconds
WF+SQI	318.61	500.9	377.01	373.66	392.54	Seconds
WT+SQI+MF	442.67	464.18	448.63	392.61	437.02	Seconds
WF+SQI+MF	325.57	523.07	392.25	390.07	407.74	Seconds
WT+WF+SQI+MF	350.18	565.11	430.13	453.58	449.75	Seconds

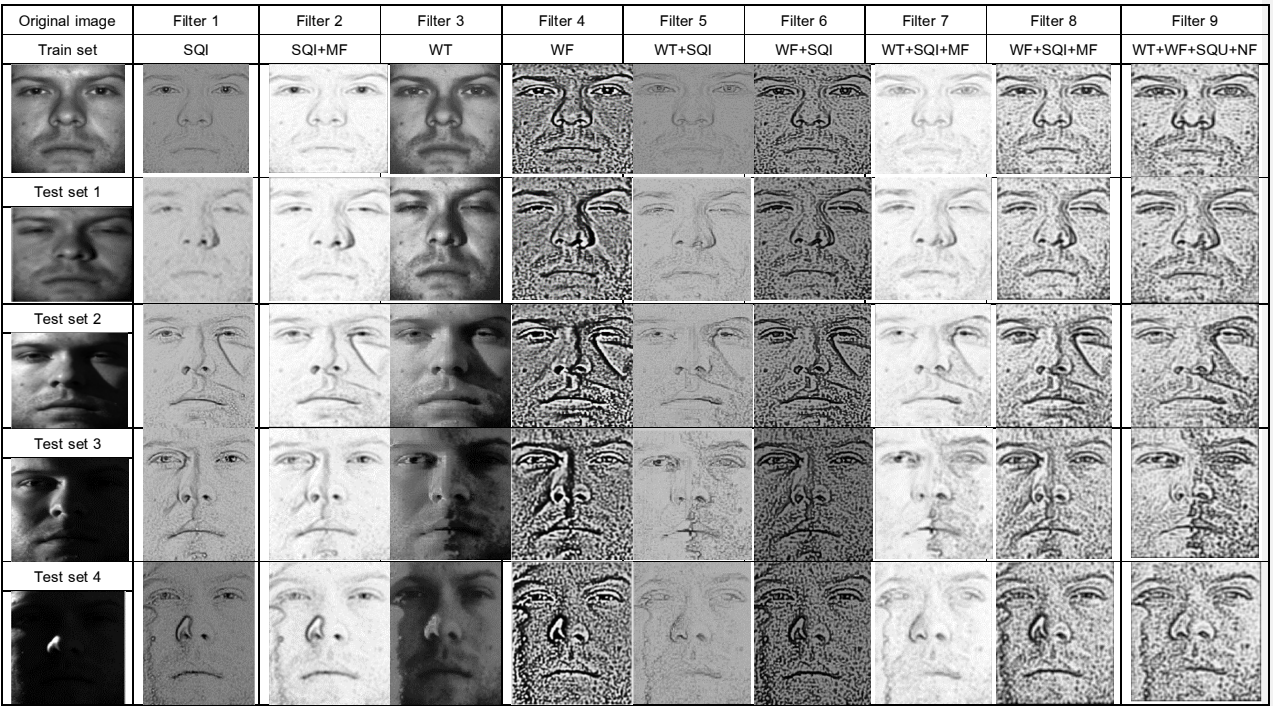


Figure 13 Original face images and images with improvement filter algorithm

วิจารณ์ สรุปผลการทดลอง และงานที่จะทำในอนาคต (Future work)

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวกรอง 3 วิธีการเพื่อขจัดผลกระทบของแสงและเงาที่เกิดขึ้นบนภาพใบหน้า ได้แก่ตัวกรอง Self Quotient Image, Wavelet transforms และ Weber face โดยได้ทดลองทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสมผสานเพื่อทดสอบว่าเมื่อใช้ตัวกรองหลายชนิดร่วมกันแล้ว ประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้า นั้นเพิ่มขึ้นหรือไม่ จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

1. จากตัวกรองทั้ง 3 วิธีการนั้นเมื่อใช้เพียงวิธีการเดียว ตัวกรองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ได้แก่ Weber face ซึ่งมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 97.37% และตัวกรองที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดคือ Wavelet transform ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 91.58%

2. เมื่อทำการใช้ตัวกรอง 2 วิธีการร่วมกัน ตัวกรองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดได้แก่ Wavelet transform + Self Quotient Image มีค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 97.61

3. Mean filter สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการรู้จำภาพใบหน้าได้ เนื่องจากหลังจากที่ภาพใบหน้าได้ผ่านตัวกรองเพื่อขจัดผลกระทบของแสงและเงาแล้ว Mean filter คือ วิธีการที่จะทำให้ภาพที่อยู่เป็นบุคคลคนเดียวกันนั้น มีลักษณะใกล้เคียงกันมากขึ้น กล่าวคือ Mean filter จะทำการเฉลี่ยค่าพิกเซลที่อยู่ในภาพ ซึ่งหากภาพที่ได้นั้นเป็นภาพที่มีคุณลักษณะเป็นบุคคลเดียวกันแล้ว ค่าเฉลี่ยของพิกเซลที่อยู่ในภาพก็จะใกล้เคียงกัน เมื่อทำการสกัดคุณลักษณะ ก็จะได้คุณลักษณะของภาพที่ใกล้เคียงกัน

4. ตัวกรองที่มีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อทำการผสมผสานตัวกรองหลายวิธีการเข้าด้วยกัน พบว่าตัวกรองที่ให้ประสิทธิผลนั้นคือตัวกรองที่ทำการผสมผสานระหว่าง Weber face + Self Quotient Image + Mean filter โดยให้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ 99.40% ซึ่งต่างจากการผสมผสานระหว่าง Wavelet transform + Self Quotient Image + Mean filter อยู่เพียง 0.07%และแตกต่างจากการใช้ตัวกรองทุกวิธีการร่วมกันทั้งหมดเพียง 0.01%

5. ทางด้านเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการนั้น มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ในการจัดเวลาในแต่ละกระบวนการนั้นจะเริ่มตั้งแต่การนำภาพไปผ่านตัวกรองชนิดต่างๆ เพื่อสกัดคุณลักษณะไปจนถึงขั้นตอนของการจำแนกโดยใช้ KNN ซึ่งตัวกรองที่ใช้เวลาน้อยที่สุดเมื่อใช้เพียงวิธีการเดียวได้แก่ Wavelet transform โดยใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 18.28 วินาที ส่วนตัวกรองที่ได้ทำการผสมผสานกันแล้วใช้เวลาในน้อยที่สุดได้แก่ ตัวกรองที่ผสมผสานระหว่าง Weber face + Self Quotient Image + Mean filter โดยใช้เวลาอยู่ที่ 407.75 วินาที ซึ่งแตกต่างจาก

ตัวกรองที่ใช้ทุกวิธีการรวมกันอยู่ที่ 42.01 วินาที โดยที่ในการทดลองนี้ ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Matlab เวอร์ชัน R2014a ในการทดลอง และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนั้นเป็นคอมพิวเตอร์ RAM 8 GB และ CPU Intel CORE I7 ในการทดลองจับเวลา

6. การนำไปใช้งานนั้น หากต้องการความรวดเร็วควรใช้วิธีการ Wavelet transform ซึ่งใช้เวลาน้อยในการประมวลผล แต่ถ้าต้องการประสิทธิภาพ ควรใช้วิธีการผสมผสานระหว่าง Weber face + Self Quotient Image + Mean filter ซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดในการทดลองนี้

7. ในงานวิจัยนี้เป็นการรู้จำใบหน้าในภาพซึ่งภาพที่ใช้เป็นภาพนิ่ง ไม่มีการตรวจจับ(Detect) ในส่วนที่เป็นใบหน้า ดังนั้นงานที่จะทำต่ออาจเป็นการรู้จำใบหน้าจากภาพเคลื่อนไหว (Real time Face recognition) ซึ่งจะมีเรื่องของเวลาในการประมวลผลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นอาจจะต้องใช้ตัวกรองที่ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยและได้ประสิทธิภาพมาก และการสกัดคุณลักษณะที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. Tretiak O, Eisenstein B. Separator functions for homomorphic filtering. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 1976 Oct ; 24(5): 359–64.
2. Pan H, Xia SY, Jin LZ, Xia LZ. Illumination invariant face recognition based on improved Local Binary Pattern. In: *Proceedings of the 30th Chinese Control Conference*. 2011: 3268–72.
3. Wang H, Li SZ, Wang Y. Face recognition under varying lighting conditions using self quotient image. In: *Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2004 Proceedings*. 2004: 819–24.
4. Wang B, Li W, Yang W, Liao Q. Illumination Normalization Based on Weber's Law With Application to Face Recognition. *IEEE Signal Processing Letters*. 2011 Aug ; 18(8): 462–5.
5. Ghiass RS, Sadati N. Multi-view face detection and recognition under variable lighting using fuzzy logic. In: *2008 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*. 2008: 74–9.
6. Shu C, Ding X, Fang C. Histogram of the oriented gradient for face recognition. *Tsinghua Science and Technology*. 2011 Apr ; 16(2): 216–24.

7. Alotaibi S, Alharbi N, Kurdi H. Face recognition under varying illumination based on homomorphic filter and local binary patterns. In: *2017 Intelligent Systems Conference (IntelliSys)*. 2017: 585–91.
8. *Euclidean distance*. In: Wikipedia [Internet]. 2018. Available from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Euclidean_distance&oldid=847686821.
9. Abbas EI, Safi ME, Rijab KS. Face recognition rate using different classifier methods based on PCA. In: *2017 International Conference on Current Research in Computer Science and Information Technology (ICCIT)*. 2017: 37–40.
10. Jung C, Yin J. SQR-based illumination normalization for face recognition based on discrete wavelet transform. In: *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. 2016: 1664–8.
11. Susmaga R. Confusion Matrix Visualization. In: *Intelligent Information Processing and Web Mining [Internet]*. Springer, Berlin, Heidelberg ; 2004 [cited 2019 Sep 5]: 107–16. (Advances in Soft Computing). Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-39985-8_12.
12. Vallepalli SS, Rajendran MM. Image De-noising using mean pixel algorithms corrupted with photocopier noise. In: *2012 19th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*. 2012: 530–5.
13. Wang J, Wu L, He X, Tian J. A New Method of Illumination Invariant Face Recognition. In: *Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC 2007)*. 2007: 139–139.
14. Pan H, Xia SY, Jin LZ, Xia LZ. Illumination invariant face recognition based on improved Local Binary Pattern. In: *Proceedings of the 30th Chinese Control Conference*. 2011: 3268–72.
15. Georgiades, A. "Yale face database." Center for computational Vision and Control at Yale University. <http://cvc.cs.yale.edu/cvc/projects/yalefaces/yalefaces.html> (2002).