

## การปรับปรุงการรู้จำภาพใบหน้าของวิธีไอเกนเฟส

### Improving Face Recognition of Eigenface Method

ศานต์สัมพันธ์ จีรกุลชัยวงศ์ (Sansumpan Jirakulchaiwong)\* ดร.จีระยุทธ เวทย์วีระพงษ์ (Dr.Jeerayut Wetweerapong)\*\*

#### บทคัดย่อ

วิธีไอเกนเฟสเป็นวิธีการรู้จำภาพใบหน้าซึ่งเป็นเทคนิคทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่ใช้ในการประมวล และเปรียบเทียบภาพทดสอบกับภาพในฐานข้อมูล วิธีนี้อาศัยหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของใบหน้า งานวิจัยนี้จะปรับปรุงการรู้จำภาพใบหน้าของวิธีไอเกนเฟสโดยปรับปรุงคุณภาพของ ฐานข้อมูลซึ่งใช้ตัวแทนภาพจากการแบ่งกลุ่มภาพด้วยวิธีเคมีน และปรับปรุงการเปรียบเทียบภาพทดสอบในการระบุตัว บุคคลซึ่งใช้การวัดระยะทางด้วยองค์ประกอบสำคัญของเวกเตอร์ค่าน้ำหนัก ผลการทดลองแสดงว่าการปรับปรุงที่ นำเสนอสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำภาพใบหน้าได้มากยิ่งขึ้น

#### ABSTRACT

The eigenface method is a face recognition method which is a computer vision technique used to process and compare a test image to the images stored in the database. It is based on Principal Component Analysis (PCA) and its performance is sensitive to the changes of the faces. In this research, we improve face recognition of eigenface method by using k-means clustering to select representative images for the database, and using some important components of weight vectors to compute distances for the identification process. Experimental results show that the proposed improvements can increase the efficiency of face recognition.

**คำสำคัญ:** การรู้จำใบหน้า วิธีไอเกนเฟส การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

**Keywords:** Face recognition, Eigenface method, Principal component analysis

\* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*อาจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทนำ

วิธีการรู้จำภาพใบหน้า (Face recognition method) เป็นเทคนิคทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) ที่ทำการประมวลและเปรียบเทียบภาพทดสอบกับภาพในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการระบุตัวตน และใช้ในงานต่างๆ เช่น การรักษาความปลอดภัย การตรวจจับใบหน้าบุคคลโดยอัตโนมัติ การติดตามค้นหาตัวตนและปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์กับผู้ใช้ งาน วิธีการรู้จำภาพใบหน้าจะเปรียบเทียบภาพใบหน้าของบุคคลที่เราสนใจกับภาพทั้งหมดในฐานข้อมูลและเลือกภาพใบหน้าในฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงกับภาพทดสอบมากที่สุด

วิธีไอเกนเฟส (Eigenface method) เป็นวิธีการรู้จำภาพใบหน้า นำเสนอโดย Sirovich, Kirby (1987) ซึ่งใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) กับภาพใบหน้า ต่อมา Turk, Pentland (1991) ได้พัฒนาเป็นระบบการรู้จำภาพใบหน้า วิธีการนี้จะแทนแต่ละภาพในฐานข้อมูลด้วยเวกเตอร์หลักและนำมาต่อกันเป็นเมทริกซ์ จากนั้นสร้างเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเกี่ยว (Covariance matrix) และหาเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (Eigenvector) ซึ่งแต่ละภาพจะสามารถเขียนในรูปผลรวมเชิงเส้น (Linear combination) ของเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะเหล่านี้ ทำให้ได้เวกเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์หรือค่าน้ำหนักที่ใช้เป็นเวกเตอร์กำหนดคุณลักษณะของภาพที่จะนำไปใช้ในการระบุตัวตน อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของวิธีไอเกนเฟสขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงของใบหน้า เช่น ท่าทางการเคลื่อนไหวและความมืดสว่างของใบหน้า (Belhumeur et al., 1997; Lemieux, Parizeau, 2002; Visani et al., 2004) งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงการรู้จำภาพใบหน้าของวิธีไอเกนเฟส โดยปรับปรุงคุณภาพของฐานข้อมูลซึ่งใช้ตัวแทนภาพจากการแบ่งกลุ่มภาพด้วยวิธีเคมีน (k-means clustering) และปรับปรุงการเปรียบเทียบภาพทดสอบในการระบุตัวตนซึ่งใช้การวัดระยะทางด้วยองค์ประกอบสำคัญของเวกเตอร์ค่าน้ำหนัก

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีไอเกนเฟส
2. เพื่อปรับปรุงวิธีการรู้จำภาพใบหน้าของวิธีไอเกนเฟส โดยการปรับปรุงคุณภาพของฐานข้อมูลซึ่งใช้ตัวแทนภาพจากการแบ่งกลุ่มภาพด้วยวิธีเคมีน
3. เพื่อปรับปรุงวิธีการรู้จำภาพใบหน้าของวิธีไอเกนเฟส โดยการวัดระยะทางด้วยองค์ประกอบสำคัญของเวกเตอร์ค่าน้ำหนัก

## วิธีการวิจัย

### 1. วิธีการไอเกนเฟส

ใช้หลักหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ซึ่งมี 6 ขั้นตอน และกำหนดสัญลักษณ์ในการอธิบาย ดังนี้

$I_i$  คือ รูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล

$N \times N$  คือ ขนาดของรูปภาพ  $I_i$

$\Gamma_i$  คือ เวกเตอร์รูปภาพ  $I_i$

$\Psi$  คือ เวกเตอร์รูปภาพเฉลี่ย (ใบหน้าเฉลี่ย)

$M$  คือ จำนวนรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล

$C$  คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเกี่ยว

$U_i$  คือ เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (ไอเกนเฟส)

$\lambda_i$  คือ ค่าลักษณะเฉพาะ

$\omega_i$  คือ ค่าน้ำหนักหรือเวกเตอร์คุณลักษณะ

1.1) แปลงมิติของภาพขนาด  $N \times N$  ให้เป็นมิติขนาด  $N^2 \times 1$  แทนด้วย  $\Gamma_i$  และนำมาต่อกันเป็นเมทริกซ์  $S$

$$S = [\Gamma_1 \Gamma_2 \dots \Gamma_M] \quad (1)$$

1.2) คำนวนใบหน้าเฉลี่ย (Average face) แทนด้วย  $\Psi$  และผลต่างของแต่ละภาพใบหน้ากับใบหน้าเฉลี่ย โดยใช้สมการ (2) และ (3)

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \quad (2)$$

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi \quad (3)$$

1.3) คำนวนหาเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเกี่ยว ดังสมการ

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T = AA^T \quad (4)$$

เมื่อ  $A = [\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_M]$  โดยเมทริกซ์  $C$  จะมีขนาด  $N^2 \times N^2$

1.4) พิจารณาเมทริกซ์  $L = A^T A$  ซึ่งมีขนาด  $M \times M$

ให้  $V_i$  เป็นเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของเมทริกซ์  $L$  ที่สมนัยกับค่าลักษณะเฉพาะ  $\lambda_i$  เมื่อ  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_M$  จะได้ว่า

$$A^T A V_i = \lambda_i V_i$$

และได้ว่า

$$A^T A V_i = \lambda_i V_i \Rightarrow AA^T A V_i = \lambda_i A V_i \Rightarrow C A V_i = \lambda_i A V_i \text{ หรือ } C U_i = \lambda_i U_i \text{ เมื่อ } U_i = A V_i$$

ดังนั้นเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของ  $AA^T$  จะสมนัยกับเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของ  $A^T A$  และมีค่าลักษณะเฉพาะค่าเดียวกัน จะเห็นได้ว่า  $AA^T$  เป็นเมทริกซ์ขนาด  $N^2 \times N^2$  ในขณะที่เมทริกซ์  $A^T A$  มีขนาด  $M \times M$  ซึ่งเล็กกว่ามาก เราเรียกกระบวนการนี้ว่าการลดมิติของข้อมูล (Dimension reduction) คำนวนเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของเมทริกซ์  $C$  จากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของเมทริกซ์  $L$  จะเรียกภาพที่ได้จากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะว่าภาพไอเกน (Eigenfaces) และเขียนรวมกันดังนี้

$$U = [U_1 \ U_2 \ U_3 \ \dots \ U_M]$$



รูปที่ 1 ตัวอย่างภาพไอเกนที่ได้จากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ

1.5) คำนวนเวกเตอร์ค่าน้ำหนักหรือเวกเตอร์คุณลักษณะ  $\omega = [\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_M]$  ของแต่ละรูปภาพโดยใช้เมทริกซ์  $U$  ดังสมการต่อไปนี้

$$\omega_i = U^T \Phi_i \quad (5)$$

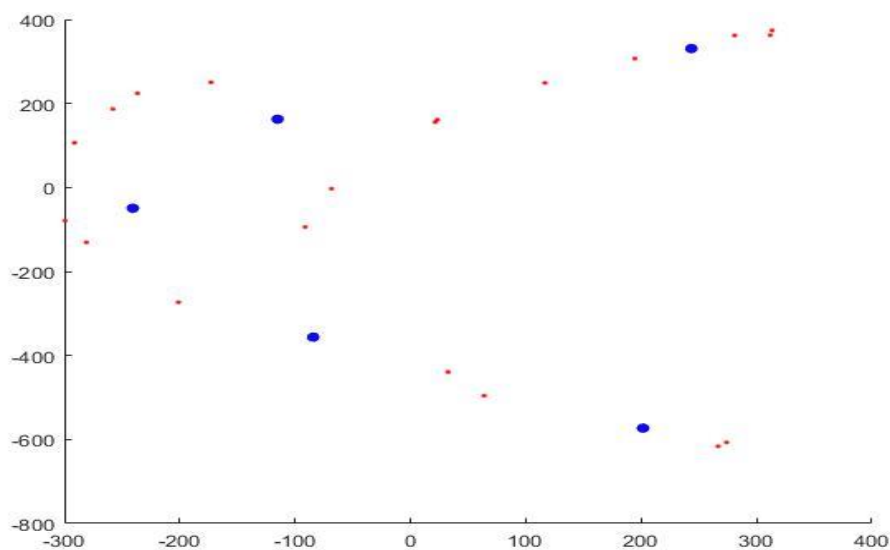
1.6) หาระยะห่างระหว่างเวกเตอร์ค่าน้ำหนัก  $\omega_i$  และ  $\omega_j$  โดยใช้ระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance) ดังสมการต่อไปนี้

$$d(\omega_i, \omega_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^M (\omega_{ik} - \omega_{jk})^2} \quad (6)$$

จากนั้นใช้ระยะห่างของภาพทดสอบกับภาพทั้งหมดที่อยู่ในฐานข้อมูลเพื่อระบุตัวบุคคลด้วยภาพในฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงกับภาพทดสอบมากที่สุด

## 2. การแบ่งกลุ่มข้อมูลรูปภาพด้วยวิธีแบบเคมีน

วิธีเคมีน (Dubes, Jain, 1988) ใช้แบ่งข้อมูลเวกเตอร์ออกเป็น  $k$  กลุ่ม โดยเริ่มด้วยการสุ่มจุด  $k$  จุดจากข้อมูล และจัดข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับจุดสุ่มที่มีระยะห่างแบบยูคลิดน้อยที่สุด จากนั้นหาจุดศูนย์กลาง (centroid) ของแต่ละกลุ่ม แล้วจัดแบ่งกลุ่มข้อมูลอีกครั้ง โดยจัดข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับจุดศูนย์กลางที่มีระยะห่างน้อยที่สุด ทำซ้ำเช่นนี้จนกระทั่งได้จุดศูนย์กลางในรอบใหม่ที่ไม่แตกต่างจากจุดศูนย์กลางก่อนหน้านี้ จะได้จุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มเป็นตัวแทนของกลุ่ม



รูปที่ 2 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มของข้อมูลเวกเตอร์ 2 มิติจำนวน 20 จุด ออกเป็น 5 กลุ่ม จุดสีแดงคือข้อมูล จุดสีน้ำเงินคือ

จุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มที่ได้จากวิธีเคมีน

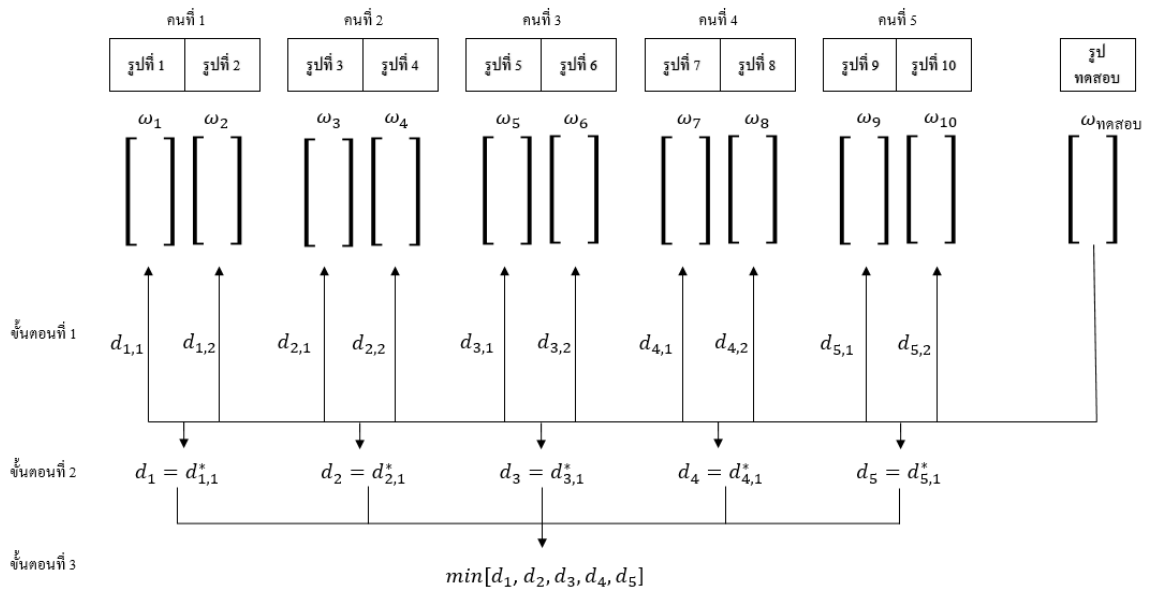
## 3. การปรับปรุงคุณภาพของฐานข้อมูล

ใช้วิธีเคมีน แบ่งกลุ่มข้อมูลรูปภาพของแต่ละคนและเลือกภาพตัวแทนของแต่ละคนเท่ากับจำนวนกลุ่มเพื่อนำมาเป็นรูปในฐานข้อมูล (จะใช้ในกรณีที่เรามีรูปภาพของแต่ละคนเป็นจำนวนมากและต้องการเลือกเป็นตัวแทนในฐานข้อมูล)

## 4. การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการวัดระยะทางด้วยองค์ประกอบสำคัญของเวกเตอร์ค่าน้ำหนัก

กำหนดให้แต่ละคนมีรูปตัวแทน  $m$  รูปในฐานข้อมูล ดังนั้นรูปทดสอบจะมีระยะห่าง  $d_{i,1}, d_{i,2}, \dots, d_{i,m}$  กับภาพแต่ละภาพของคน  $i$  ที่อยู่ในฐานข้อมูล เลือกค่าระยะห่างที่น้อยที่สุดจำนวน  $k$  ค่าให้เป็น  $d_{i,1}^*, d_{i,2}^*, \dots, d_{i,k}^*$  ซึ่งใช้กำหนดระยะห่างกับชุดภาพของคน  $i$  โดยใช้ระยะทางแบบยุคลิด ดังนี้

$$d_i = \sqrt{\sum_{t=1}^k (d_{i,t}^*)^2} \quad (7)$$



**รูปที่ 3** ตัวอย่างการวัดระยะทางด้วยองค์ประกอบสำคัญของเวกเตอร์ค่าน้ำหนัก สำหรับ 5 คน แต่ละคนมีรูปตัวแทน 2 รูปในฐานข้อมูลและเลือกค่าระยะห่างที่น้อยที่สุดจำนวน 1 ค่า

### 5. ภาพที่ใช้ในการทดสอบ

ใช้ฐานข้อมูลรูปภาพทดสอบ 3 ชุด ดังต่อไปนี้

- ฐานข้อมูลรูปภาพ Grimace (Honda, Spacke, 1997) ประกอบด้วยรูปภาพหน้าคน 18 คน แต่ละคนมี 20 รูป รวมทั้งหมด 360 รูป มีขนาด 180×200 พิกเซล



**รูปที่ 4** ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูลรูปภาพ Grimace

- ฐานข้อมูลรูปภาพ ORL (Cambridge University Computer Laboratory, 1992-1994) ประกอบด้วยรูปภาพหน้าคน 40 คน แต่ละคนมี 10 รูป รวมทั้งหมด 400 รูป มีขนาด 92×112 พิกเซล



รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูลรูปภาพ ORL

- ฐานข้อมูลรูปภาพ Faces95 (Hond, Spacek, 1997) ซึ่งตัดมาเฉพาะใบหน้าประกอบด้วยรูปภาพหน้าคน 72 คน แต่ละคนมี 20 รูป รวมทั้งหมด 1440 รูป มีขนาด 90×90 พิกเซล



รูปที่ 6 ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูลรูปภาพ Faces95 ขนาด 90×90 พิกเซล

### ผลการวิจัย

ในส่วนนี้จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง 3 การทดลองดังนี้

**การทดลองที่ 1** การหาประสิทธิภาพของวิธีไอเคนเฟส

สุ่มเลือกภาพตัวแทนของแต่ละคนจำนวน 5 รูปสำหรับฐานข้อมูลรูปภาพ Grimace และ Faces95 และจำนวน 4 รูปสำหรับฐานข้อมูลรูปภาพ ORL เพื่อเป็นรูปภาพในฐานข้อมูลและใช้รูปภาพที่เหลือเป็นภาพทดสอบสำหรับวิธีไอเคนเฟส ทำการทดลองจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการระบุตัวบุคคล

**การทดลองที่ 2** การหาประสิทธิภาพโดยการปรับปรุงคุณภาพของฐานข้อมูล

ใช้วิธีเคมิน แบ่งกลุ่มข้อมูลรูปภาพของแต่ละคนและเลือกภาพตัวแทนของแต่ละคนเท่ากับจำนวนกลุ่มเพื่อนำมาเป็นรูปในฐานข้อมูล โดยมีภาพตัวแทนจำนวน 5 รูปสำหรับฐานข้อมูลรูปภาพ Grimace และ Faces95 และจำนวน 4 รูปสำหรับฐานข้อมูลรูปภาพ ORL เพื่อเป็นรูปภาพในฐานข้อมูลและใช้รูปภาพที่เหลือเป็นภาพทดสอบ ใช้วิธีไอเคนเฟสทำการทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการระบุตัวบุคคล

**การทดลองที่ 3** การหาประสิทธิภาพโดยการวัดระยะทางด้วยองค์ประกอบสำคัญของเวกเตอร์ค่าน้ำหนัก

สุ่มเลือกภาพตัวแทนเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ทำการทดลองจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการระบุตัวบุคคล โดยใช้วิธีไอเคนเฟสและการวัดระยะทางด้วยองค์ประกอบสำคัญของเวกเตอร์ ค่าน้ำหนักจำนวน 2 หรือ 3 ค่าสำหรับฐานข้อมูลรูปภาพ Grimace และ Faces95 และจำนวน 2 ค่า สำหรับฐานข้อมูลรูปภาพ ORL แสดงผลการทดลองที่ 1 2 และ 3 ได้ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ประสิทธิภาพการรู้จำใบหน้าของวิธีไอเกนเฟสและการปรับปรุงทั้งสองแบบ

ฐานข้อมูลรูปภาพ	ประสิทธิภาพการรู้จำ (%) ของวิธีไอเกนเฟส (10 การทดลอง)	ประสิทธิภาพการรู้จำ (%) โดยการปรับปรุงคุณภาพ ของฐานข้อมูลด้วยวิธีเคมีน	ประสิทธิภาพการรู้จำ (%) โดยการวัดระยะทางด้วย องค์ประกอบสำคัญของ เวกเตอร์ค่าน้ำหนัก
Grimace	98.37	100	98.96
ORL	86.50	97.08	90.75
Faces95	86.17	99.14	88.20

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพของฐานข้อมูลด้วยวิธีเคมีนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการรู้จำใบหน้าของวิธีไอเกนเฟสสำหรับฐานข้อมูลรูปภาพ Grimace ORL และ Faces95 เพิ่มมากขึ้น 1.63% 10.58% และ 12.97% ตามลำดับ และการปรับปรุงคุณภาพโดยการวัดระยะทางด้วยองค์ประกอบสำคัญของเวกเตอร์ค่าน้ำหนักสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการรู้จำใบหน้าของวิธีไอเกนเฟสสำหรับฐานข้อมูลรูปภาพ Grimace ORL และ Faces95 เพิ่มมากขึ้น 0.59% 4.25% และ 2.03% ตามลำดับ

### กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาอย่างยิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาอาจารย์ ดร.จิระยุทธ เวทย์วิระพงษ์ ที่ได้ดูแลให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ ทุกขั้นตอนของการทำวิจัย ขอขอบคุณภาควิชา คณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดี วิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Belhumeur PN, Hespanha JP, Kriegman DJ. Eigenfaces vs Fisherfaces: recognition using class specific linear projection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 1997; 19(7): 711-720.
- Cambridge University Computer Laboratory. AT&T Laboratories Cambridge [online] 1992-1994 [cited 2018 May 26]. Available from: <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html>.
- Dubes RC, Jain AK. Algorithms for Clustering Data. New Jersey: Prentice Hall; 1988.
- Hond D, Spacek L. Collection of Facial Images Databases [online] 1997 [cited 2018 May 26]. Available from: <http://cswww.essex.ac.uk/mv/allfaces/grimace.html>.
- Lemieux A, Parizeau M. Experiments on Eigenfaces Robustness. IEEE Pattern Recognition 2002; 1(1): 1-4.
- Sirovich L, Kirby M. Low-dimensional Procedure for the characterization of human faces. Serbian Journal of Electrical Engineering 1987; 4(3): 519-524.



Turk M, Pentland A. Face Recognition using Eigenfaces. In Tsu-Jae KL, editor. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition; 1991 June 3-6; Maui, Hi. Newyork: IEEE; 1991. p.586-591.

Visani M, Garcia C, Laurent C. Comparing Robustness of Two-Dimensional PCA and Eigenfaces for Face Recognition. Image Analysis and Recognition, ICIAR, Springer 2004; 3212: 717-124.