

วิจัยเชิงสำรวจการรู้จำใบหน้า

Face Recognition: A Survey of Research

ตรีรัตน์ เสริมทรัพย์* นิรันดร์ สารรัมย์* นิคม วุฒินยา* จักรชัย โสอินทร์**

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการวิจัยเชิงสำรวจเรื่องการรู้จำใบหน้า (Face Recognition: A Survey of Research) โดยศึกษาวิธีการรู้จำใบหน้า 5 วิธีซึ่งประกอบไปด้วย วิธีใบหน้าไอแกน (Eigen Faces) วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural networks) วิธีโมเดลสี RGB-HSV-YCbCr ร่วมกับมอร์โฟโลยี (Color Model and Morphology Technique) วิธี Local probabilistic subspace และ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) ปรากฏว่า 1) การรู้จำใบหน้า ด้วยวิธีวิธีโมเดลสี RGB-HSV-YCbCr ร่วมกับมอร์โฟโลยี (Color Model and Morphology Technique) มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 97.64, 2) Neural networks มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 94.94 3) Eigen มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 91.83 4) วิธี Local probabilistic subspace มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 82.30 และ 5) วิธี Principal Component Analysis : PCA มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 70.17 ตามลำดับ

คำสำคัญ: รู้จำใบหน้า, ภาพไอแกน, โมเดลสี, มอร์โฟโลยี

Key Words: Face Recognition, Eigen Face, Principal Component Analysis :PCA, Color Model And Morphology Technique

* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

การรู้จำใบหน้ามนุษย์ (Human Face Recognition) เป็นกระบวนการทางด้านระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence System) โดยการรู้จำนั้นแบ่งแยกออกเป็นหลายแขนง เช่น การรู้จำลายมือ การรู้จำตัวอักษร การรู้จำเสียงพูด หรือแม้แต่การรู้จำลายม่านตา เป็นต้น การรู้จำใบหน้ามนุษย์ เป็นระบบที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในงานต่างๆ อย่างหลากหลายอาทิ งานด้าน การรักษาความปลอดภัย การตรวจจับใบหน้าบุคคลโดยอัตโนมัติ การติดตามค้นหาตัวบุคคล และการปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์กับ ผู้ใช้งาน (HCI) เป็นต้น ระบบรู้จำใบหน้าจะทำงานโดยการเปรียบเทียบใบหน้าจากภาพถ่ายดิจิทัลหรือภาพ จากกล้องวิดีโอของบุคคลที่เราสนใจกับฐานข้อมูลใบหน้าที่มีอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบเสร็จก็จะแสดงผลใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูลที่มี

ปัจจุบันเทคโนโลยีการการรู้จำใบหน้ามนุษย์ นั้นนักวิจัยได้พยายามคิดค้นวิธีการใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาใบหน้าที่เร็วขึ้นทั้งยังเพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยทฤษฎีอันเป็นปฐมบทของเรื่องการรู้จำใบหน้านั้น Sirovich และ Kirby[4] ได้ศึกษาทฤษฎีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis :PCA) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นในปี 1987 และในต่อมา Turk และ Pentland [1],[5]ได้สร้างระบบการรู้จำใบหน้าโดยการนำภาพไอแกนในการรู้จำใบหน้า โดยระบบรู้จำใบหน้าจะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) และ การรู้จำใบหน้า (Face Recognition)

ระบบรู้จำใบหน้า (Face Recognition) ถูกออกแบบมาให้ทำการเปรียบเทียบใบหน้าบุคคลที่เราสนใจกับฐานข้อมูลใบหน้าที่มีอยู่ โดยอัลกอริทึมที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแม่แบบและขั้นตอนการเปรียบเทียบอาจแตกต่างกันไปแล้วแต่การออกแบบระบบของแต่ละระบบ

การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) [1] Turk And Pentland คือ กระบวนการที่ระบบจะทำการค้นหาใบหน้าและทำการประมวลผลหลังจากนั้นก็นำใบหน้านั้นเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป ในขั้นตอนการตรวจจับใบหน้าที่ดีนั้น ต้องมีความแม่นยำและรวดเร็วในการค้นหารูปใบหน้าในระบบโดยจะอาศัย อัลกอริทึมต่างๆมาช่วยในการแบ่งแยกและจำแนกใบหน้า

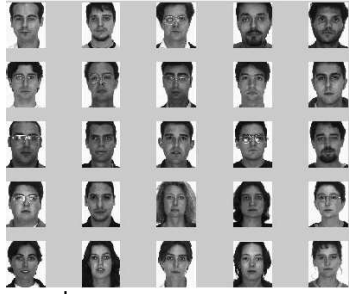
การรู้จำใบหน้า (Face Recognition) คือ กระบวนการที่ได้นำภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้และประมวลผลแล้วจากขั้นตอนการตรวจ จับใบหน้ามาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของใบหน้าเพื่อระบุว่าใบหน้าที่ตรวจจับ ได้ตรงกับบุคคลใด

ขั้นตอนละวิธีการตรวจจับใบหน้า

1. การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการไอแกน (Eigen Faces) ระบบการรู้จำใบหน้าโดยการนำภาพไอแกนในการรู้จำ โดยกระบวนการจะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

1)การเตรียมใบหน้าไอแกนเพื่อใช้ในการรู้จำ ประกอบไปด้วย รวบรวมชุดรูปภาพใบหน้าที่จะใช้ในการฝึกฝน (Training set) และแปลงไปเป็นเมตริกซ์ขนาด 1 แถว (Γ_i) และรวมรวมเข้าเป็น เซต (S)

$$S=\{ \Gamma_1 \Gamma_2, \Gamma_3, \dots , \Gamma_m\} \quad (1)$$



ภาพที่ 1 แสดงการเตรียมรูปใบหน้าให้อยู่ใน

ระบบของเมตริกซ์

คำนวณหาค่า Ψ จากชุดของรูปภาพที่ถูกแปลงเป็นเมตริกซ์แล้วตามสมการที่ 2

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

เมื่อ Ψ คือ ใบหน้าเฉลี่ย

M คือ จำนวนใบหน้า

Γ คือ กลุ่มเรียนรู้

คำนวณหาผลต่างระหว่างกลุ่มเรียนรู้เฉลี่ย หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของใบหน้า(Main image: โดย Main image คือภาพที่ถูกจัดเรียงในระบบเมตริก ดังภาพที่ 1) กับ Input image : Φ) ตามสมการที่ 3

$$\Phi = \Gamma_1 - \Psi \quad (3)$$

เมื่อ Ψ คือ ใบหน้าเฉลี่ย

Φ คือ ใบหน้าผลต่าง

Γ คือ กลุ่มเรียนรู้

หาค่า เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) โดยดรรชนีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของใบหน้า คูณกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทำการทรานโพส ดังสมการที่ 4

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

ซึ่ง $A = \{\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n\}$

เมื่อ C คือ เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม

A คือ กลุ่มของเมตริกซ์ความ

แปรปรวนร่วม

คำนวณหาไอแกนวекเตอร์ (V) และค่าของไอแกน (μ) ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมตามวิธีของ Turk และ Pentland โดยการสร้างเมตริกซ์ $A^T A$ แทนของเดิมที่ใช้ AA^T ดังนั้นสมการจึงเป็น

$$A^T A v_i = \mu_i v_i$$

เมื่อ μ_i คือ ค่าไอแกน Eigen value

A คือ กลุ่มของเมตริกซ์ความ

แปรปรวนร่วม

v_i คือ ค่า Eigen vector

จากนั้นก็จะได้ไอแกนวекเตอร์ $\mu_i v_i$ ดังนี้

$$A = \{\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n\}$$



ภาพที่ 2 แสดงการเตรียมรูปใบหน้าให้อยู่ใน

ระบบใบหน้าไอแกน

2) การรู้จำมีขั้นตอนดังนี้ นำภาพที่ต้องการทดสอบการรู้จำมาแปลงให้เป็นใบหน้า ไอแกนตามข้างต้นหลังจากนั้นนำรูปเข้าไปเปรียบเทียบกับ Main Image เพื่อหาความแตกต่างของรูปนำเข้า Input Image จากนั้นนำค่าความแตกต่างที่ได้ไปคูณกับไอแกนวекเตอร์ของแต่ละรูปที่อยู่ในชุดของภาพซึ่งจะได้ค่าน้ำหนัก (Weight) ดังสมการที่ 5

$$W_k = \mu_k^T (T - \Psi) \quad (5)$$

หลักจากนั้นนำไปเก็บไว้ในเวกเตอร์

$$\Omega^T = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_m\}$$

หาค่าระยะห่างระหว่างภาพใบหน้าที่น่ามาทดสอบกับภาพใบหน้าไอแกน โดยการหาระยะทางแบบยูคลิเดียน (Euclidean Distance) ดังสมการที่ 6

$$\varepsilon_k = \|\Omega - \Omega_k\| \quad (6)$$

เมื่อ ε_k คือ ค่าระยะห่าง

Ω คือ ใบหน้าไอแกน

Ω_k คือ ใบหน้าทดสอบ

จากสมการที่ 6 ค่า คือระยะห่างบนใบหน้าหลังจากการคำนวณแล้วหากระยะห่างน้อยที่สุด ก็สรุปผลออกมาได้ว่าภาพที่น่ามาทดสอบนั้นอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

2. การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธี ตัวแบบเซลลูลาร์อโตมาตา(Cellular Automata Model) ตัวแบบเซลลูลาร์อโตมาตา คิดค้นโดย John von Neumann และ Stanislaw Ulam [3] เป็นตัวแบบที่ใช้ศึกษาการทำงานของระบบซับซ้อนไดนามิก (Dynamic Complex System) ประกอบด้วย เซลล์ที่มีสถานะจำกัดเรียงตัวกันในตารางสี่เหลี่ยม การเปลี่ยนแปลงสถานะของเซลล์ใดๆในขณะเวลาหนึ่งเกิดจากการพิจารณาสถานะของเซลล์นั้น ร่วมกับ เนบอร์ฮูดเซลล์ (Neighborhood Cell) และ กฎที่ใช้เปลี่ยนสถานะของเซลล์เรียกว่า กฎเฉพาะที่ (Local Rule) หรือ โลคัลทรานซิชันฟังก์

2.1. สเตตสเปซ (State Space) กำหนดให้ I เป็นเซตของเลขจำนวนเต็ม เซลลูลาร์สเปซ(Cellular Space) ประกอบไปด้วย $I \times I$ เป็นคาร์ทีเซียนโปรดักซ์ของ I, V เป็นเซตของสถานะ และ f เป็นโลคัลทรานซิชันฟังก์ชันที่แม้มจาก $n - tuples$ ของสมาชิก V ไปยัง V เมื่อ $\alpha_{ij} \in I \times I$ เป็นเซลล์ใดๆ และ $\delta_i (i =$

$1, 2, 3, \dots, n) \in I \times I$ เนบอร์ฮูดฟังก์ชัน $(g(\alpha_{ij}))$ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$g(\alpha_{ij}) = \{\alpha_{ij} + \delta_1, \alpha_{ij} + \delta_2, \dots, \alpha_{ij} + \delta_n\} \quad (7)$$

ขณะเวลา t เซลล์ $\alpha_{ij} \in I \times I$ จะมีสถานะเป็น $v^t(\alpha_{ij})$ เชื่อมต่อกับเนบอร์ฮูดเซลล์ $\{\alpha_{ij} + \delta_1, \alpha_{ij} + \delta_2, \dots, \alpha_{ij} + \delta_n\}$ ขนาด n เซลล์ เมื่อกำหนดให้ $\alpha_{ij} \in I \times I$ เป็นส่วนหนึ่งของเนบอร์ฮูดเซลล์ ทำให้ $\delta_1 = 0$ เนบอร์ฮูดสเตตฟังก์ชัน $(h^t(\alpha_{ij}))$ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$h^t(\alpha_{ij}) = \{v^t(\alpha_{ij}), v^t(\alpha_{ij} + \delta_2), \dots, v^t(\alpha_{ij} + \delta_n)\} \quad (8)$$

เมื่อเวลาเปลี่ยนจาก t เป็น $t + 1$ สถานะของเซลล์ $v^{t+1}(\alpha_{ij})$ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$v^{t+1}(\alpha) = f(h^t(\alpha)) \quad (9)$$

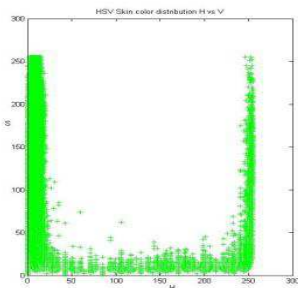
2.2. เซลลูลาร์สเปซและรูสเปซ (Cellular Space and RuleSpace) เซลลูลาร์สเปซเป็นการนิยามระบบที่ศึกษา โดยนำระบบมาแบ่งเป็นระบบย่อย เรียกว่า “เซลล์” แสดงนิยามได้ดังนี้ $\alpha_{ij} \in I \times I$ และ รูสเปซเป็นจำนวนกฎที่สามารถเกิดขึ้น เมื่อกำหนดให้ $|N|$ เป็นขนาดของเนบอร์ฮูดเซลล์ และ $|Q|$ เป็นขนาดสถานะเซลล์ รูปแบบของเนบอร์ฮูด $(|S|)$ คำนวณได้จาก $(|S| = |Q|^{|N|})$ และ จำนวนรูสเปซ (τ) คำนวณได้จาก $\tau = |output|^{|output|} = |Q|^{|S|}$

3.การตรวจจับพื้นที่ใบหน้าโดยใช้โมเดลสี RGB-HSV-YCbCr ร่วมกับมอร์โฟโลยี (Combination of RGB-HSV-YCbCr Skin Color Model and Morphology Technique) มีขั้นตอนดังนี้

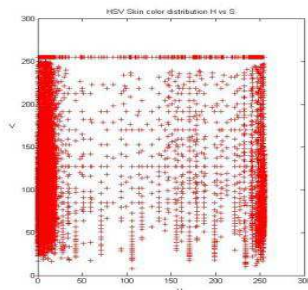
3.1 เตรียมภาพฝึกสอน ในขั้นตอนการเตรียมภาพฝึกสอน จะทำการตัดเอาเฉพาะส่วนบริเวณสีผิวมนุษย์ จากภาพสีที่ไป

วิเคราะห์หาการกระจายค่าข้อมูลของสีผิวในโมเดลสีทั้งสาม ได้แก่ RGB,HSV และYCbCr ซึ่งภาพสีประกอบไปด้วย ภาพสีผิวมนุษย์ที่มีความหลากหลาย เช่น สีผิว ผิวพรรณ เชื้อชาติ และสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

3.2 การวิเคราะห์หาการกระจายค่าข้อมูลสีผิว หลังจากได้ภาพฝึกสอนแล้ว จะนำภาพฝึกสอนไปทำการวิเคราะห์หาการกระจายค่าข้อมูลสีผิวในโมเดลสีRGB,HSV และ YCbCr โดยการพล็อตกราฟย่อยแบบ 2 มิติ ในแต่ละโมเดลสี เช่น H-S,H-V เป็นต้น เพื่อช่วยต่อการจัดกลุ่มโมเดลสี และง่ายต่อการวิเคราะห์หาการกระจายค่าข้อมูลสีผิวโมเดลสี HSV ซึ่งจากการพล็อตกราฟย่อยแบบ 2 มิติได้แก่ H-S และ H-V ดังภาพ ที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นการกระจายค่าข้อมูลสีผิวที่คล้ายกันมากจากการสังเกตการกระจายค่าข้อมูลสีผิวในโมเดลสีHSV พบว่า ค่าสี H (Hue) มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 25 และ 240 ถึง 250 (ซึ่ง HSV มีค่าสีอยู่ในช่วง 0-1)



ภาพที่ 3 พล็อตกราฟย่อยแบบ 2 มิติ H-V



ภาพที่ 4 พล็อตกราฟย่อยแบบ 2 มิติ H-S

3.4 การแบ่งส่วนภาพ จะใช้กฎการกำหนดขอบเขตพื้นที่สีผิว โดยโมเดลสี RGB-HSV-YCbCr ในการ แบ่งส่วนภาพ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการตรวจจับพื้นที่บริเวณสีผิวและใบหน้า เพื่อให้ได้การแบ่งส่วนภาพที่มีความแม่นยำและถูกต้อง จะใช้การแบ่งส่วนภาพโดย โมเดลสี RGB-HSV-YCbCr เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการตรวจจับพื้นที่ใบหน้า

3.5 การปรับภาพให้เรียบที่ได้จากการแบ่งส่วนภาพ โดยใช้มอร์โฟโลยี การปรับภาพให้เรียบทำได้โดยการใช้เทคนิค ไคเลชัน[2] ดังสมการที่ (10) ตามด้วยเทคนิค อีโรชัน ดังสมการที่ (11) ซึ่ง เรียกการกระทำแบบนี้ว่าไคลสซิง ดังสมการที่ (12) โดยที่ A คือ เซ็ตของเวกเตอร์ที่แทน จุดต่างๆ บนภาพ และ B คือ เซ็ตของเวกเตอร์ที่แทน ส่วนประกอบโครงสร้าง(StructuringElement) ในงานวิจัยนี้ใช้ส่วนประกอบโครงร่างแบบ disk ขนาด $W= 3 \times 3$

$$D(A,B) = A \oplus B = \bigcup_{\beta \in B} (A + \beta) \quad (10)$$

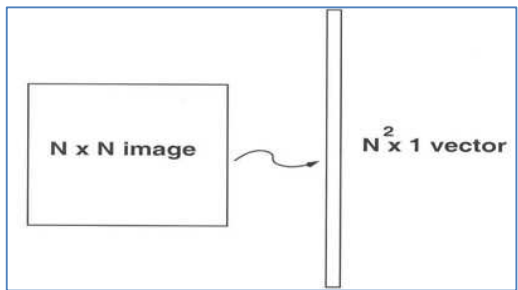
$$E(A,B) = A \otimes \tilde{B} = \bigcap_{\beta \in B} (A + \beta) \quad (11)$$

$$C(A,B) = A \cdot B = E(D(A, -B), -B) \quad (12)$$

4.วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีการนำ ไปใช้ในการสร้างภาพใบหน้าไอเกน (Eigen Faces) หรือใช้ในการลดมิติข้อมูลภาพใบหน้าในระบบรู้จำภาพใบหน้าทั่วไป โดยจะแปลงภาพถ่ายใบหน้าบุคคลสองมิติไปเป็นเวกเตอร์หนึ่งมิติ และเก็บไว้ในฐานข้อมูล และเมื่อต้องการนำรูปภาพใบหน้าบุคคลที่สนใจมาเปรียบเทียบกับก็จะทำการแปลงภาพใบหน้านั้นเป็นเวกเตอร์หนึ่งมิติด้วย แล้วนำ

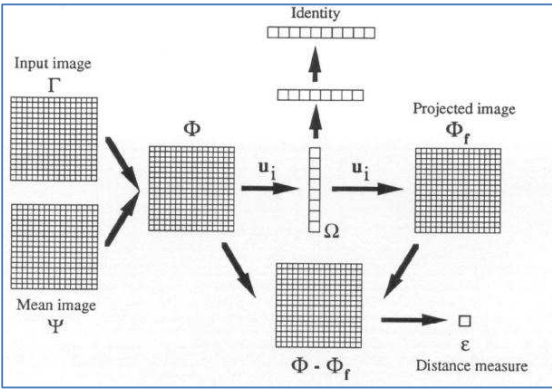
เวกเตอร์ไปเปรียบเทียบกับภาพในฐานข้อมูลเพื่อหาผลลัพธ์

วิธีการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) เป็นวิธีการทางสถิติ ซึ่งถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ เช่น การบีบอัดข้อมูล และการสร้างภาพใบหน้าไอเกนเพื่อใช้ในระบบรู้จำ เป็นต้น วิธีนี้ถูกนำมาสร้างเป็นภาพใบหน้าไอเกน (Eigen Faces) ครั้งแรกโดย Sirovich และ Kirby [1] ในปี 1987 และต่อมา Turk และ Pentland [5] ได้สร้างระบบรู้จำใบหน้าโดยการนำภาพใบหน้าไอเกนในการรู้จำ โดยกำหนดให้ $I(x,y)$ คือภาพที่ใช้เป็น (2-D Image) 2 มิติ มีขนาด 80 x 80 Pixel ขนาด $(N \times N)$ ชนิด สีเทา เมื่อทำเป็นรูปภาพแบบ 1 มิติ $N^2 \times 1$ (1-D Vector) มีความเท่ากับ 6,400 จุด ต่อ 1 ภาพ เพื่อทำเป็นชุด Training Set Image จากภาพใบหน้าต้นฉบับ



ภาพที่ 5 : ภาพ 2 มิติขนาด $(N \times N)$ เมื่อทำเป็นรูปภาพแบบ 1 มิติ $N^2 \times 1$ (1-D Vector)

โดยกำหนดให้ $T_1, T_2, T_3, \dots, T_M$ เป็นกลุ่มเรียนรู้ ของภาพใบหน้า การสร้างกลุ่มเรียนรู้ จะคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าโควาเรียน เมทริกและคำนวณค่าไอเกนเวกเตอร์ตามลำดับ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 6 : การทำงานของ PCA

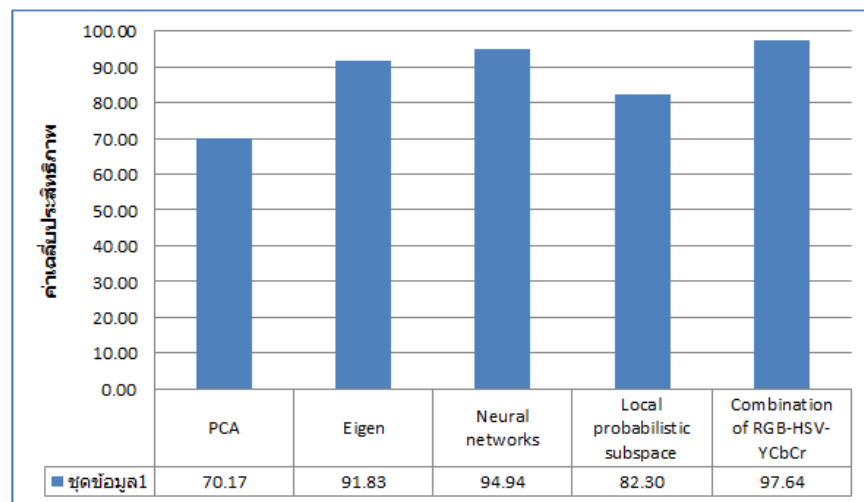
5.ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพของแต่ละวิธี

วิธีการ	จำนวนภาพ	จำนวนครั้ง	ประสิทธิภาพ/การรู้จำ (%)
PCA[8]	70	N/A	55.00
PCA[9]	37	185	82.00
PCA[10]	40	360	79.70
PCA[11]	50	300	58.40
PCA[12]	100	877	80.00
PCA[13]	355	1590	61.30
2DPCA[16]	600	N/A	74.80
Local probabilistic subspace[14]	600	N/A	82.30
Eigen[20]	1350	N/A	90.00
Eigen[21]	200	40	100.00
Eigen[23]	N/A	N/A	96.00
Eigen[21]	884	N/A	81.30
Quantum ANN[17]	N/A	N/A	98.8
Neural networks[18]	N/A	N/A	91.00
PSO ANN[19]	1200	N/A	96.25
SOMface[15]	600	N/A	93.7
Combination of RGB-HSV-YCbCr[25]	763	N/A	97.64

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของแต่ละวิธี

วิธีการ	ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ/การรู้จำ (%)
PCA	70.17
Eigen	91.83
Neural networks	94.94
Local probabilistic subspace	82.30
Combination of RGB-HSV-YCbCr	97.64



ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ

6.สรุปการวิจัย

การวิจัยเชิงสำรวจเรื่องการรู้จำใบหน้า (Face Recognition : A Survey of Research) ในครั้งนี้ได้ศึกษาวิธีการรู้จำใบหน้าต่างๆรวมทั้งสิ้น 5 วิธีซึ่งประกอบไปด้วย วิธีใบหน้าไอแกน (Eigen Faces) วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural networks) วิธีโมเดลสี RGB-HSV-YCbCr ร่วมกับมอร์โฟโลยี (Color Model and Morphology Technique) วิธี Local probabilistic subspace และ วิธีวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal

Component Analysis : PCA) ปรากฏว่า 1) การรู้จำใบหน้าด้วยวิธีโมเดลสี RGB-HSV-YCbCr ร่วมกับมอร์โฟโลยี (Color Model and Morphology Technique) มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 97.64, 2) Neural networks มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 94.94 3) Eigen มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 91.83 4) วิธี Local probabilistic subspace มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 82.30 และ 5) วิธี Principal Component Analysis : PCA มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 70.17 ตามลำดับ

7.เอกสารอ้างอิง

- [1] M. A. Turk and A. P. Pentland, "Face recognition using Eigen Faces," in , IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1991. Proceedings CVPR '91, 1991, pp. 586-591.
- [2] A. Poonsilp and A. Sudsang, Color-Based Faceand Facial Features Detection the 8th National ComputerScienceand Engineering Conference (NCSEC 2004)
- [3] E. F. Codd, Cellular Automata, Mc Graw Hill, pp. 10-25,1986.
- [4] L. Sirovich and M. Kirby, "Low-dimensional procedure for the characterization of human faces," Journal of the Optical Society of America A, vol. 4, no. 3, pp. 519-524, Mar. 1987.
- [5] M. Turk and A. Pentland, "Eigen Faces for Recognition," Journal of Cognitive Neuroscience, vol. 3, no. 1, pp. 71-86, 1991.
- [6] A. Buades, B. Coll, and J. M. Morel, "A Review of Image De-noising Algorithms, With a New One," Multiscale Model Simulation, Vol. 4, No. 2, pp. 490-530.
- [7] K. W. Bowyer, K. Chang, and P. Flynn, "A survey of approaches to three-dimensional face recognition," in Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004, 2004, vol. 1, pp. 358-361 Vol.1.
- [8] C. Heshner, A. Srivastava, and G. Erlebacher, "A novel technique for face recognition using range imaging," in Seventh International Symposium on Signal Processing and Its Applications, 2003. Proceedings, 2003, vol. 2, pp. 201- 204 vol.2.
- [9] Y. Wang, G. Pan, Z. Wu, and Y. Wang, "Exploring facial expression effects in 3D face recognition using partial ICP," in Proc. Asian Conf. Comput. Vision (Lectures Notes in Computer Science 3851), P. Narayanan, Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, Jan. 2006, pp. 581-590.
- [10] C. Samir, A. Srivastava, and M. Daoudi, "Three-Dimensional Face Recognition Using Shapes of Facial Curves," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 28, no. 11, pp. 1858-1863, Nov. 2006.
- [11] Xiaoguang Lu and A. K. Jain, "Deformation Modeling for Robust 3D Face Matching," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 30, no. 8, pp. 1346-1357, Aug. 2008.
- [12] K. I. Chang, W. Bowyer, and P. J. Flynn, "Multiple Nose Region Matching for 3D Face Recognition under Varying

- Facial Expression,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 28, no. 10, pp. 1695-1700, Oct. 2006.
- [13] I. Aravind, C. Chandra, M. Guruprasad, P. Sarathi Dev, and R. D. . Samuel, “Numerical approaches in principal component analysis for face recognition using eigenimages,” in 2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, 2002. IEEE ICIT '02, 2002, vol. 1, pp. 246- 251 vol.1.
- [14] A. M. Martinez, “Recognizing imprecisely localized, partially occluded, and expression variant faces from a single sample per class,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no. 6, pp. 748-763, Jun. 2002.
- [15] Xiaoyang Tan, Songcan Chen, Zhi-Hua Zhou, and Fuyan Zhang, “Recognizing partially occluded, expression variant faces from single training image per person with SOM and soft k-NN ensemble,” IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 16, no. 4, pp. 875-886, Jul. 2005.
- [16] Jian Yang, D. Zhang, A. F. Frangi, and Jing-yu Yang, “Two-dimensional PCA: a new approach to appearance-based face representation and recognition,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 26, no. 1, pp. 131-137, Jan. 2004.
- [17] K. I. Chang, W. Bowyer, and P. J. Flynn, “Multiple Nose Region Matching for 3D Face Recognition under Varying Facial Expression,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 28, no. 10, pp. 1695-1700, Oct. 2006.
- [18] S. H. El-Ramly, N. S. Abdel-Kader, and R. El-Adawi, “Neural networks used for speech recognition,” in Radio Science Nineteenth National Conference of the Proceedings NRSC 2002, 2002, pp. 200- 207.
- [19] Guo Zhitao, Yuan Jinli, Dong Yongfeng, and Gu Junhua, “Handwritten Chinese Characters Recognition Based on PSO Neural Networks,” in Second International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems, 2009. ICINIS '09, 2009, pp. 350-353.
- [20] Yehong Liao and Xueyin Lin, “Blind image restoration with eigen-face subspace”, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 14, no. 11, pp. 1766-1772, Nov 2005.
- [21] Shiguang Shan, Wen Gao, Xilin Chen, and Jiyong Ma, “Novel face recognition based on individual eigen-subspaces”, in 5th International Conference on Signal Processing

- Proceedings, 2000. WCCC-ICSP 2000, 2000, vol. 3, pp. 1522-1525 vol.3.
- [22] R. Gross, I. Matthews, and S. Baker, "Eigen light-fields and face recognition across pose", in Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2002. Proceedings, 2002, pp. 1-7.
- [24] X. Zhang and Y. Gao, "Face recognition across pose: A review", Pattern Recognition, vol. 42, no. 11, pp. 2876-2896, 2009.
- [25] N. Samart, "Face Region Detection using a Combination of RGB-HSV-YCbCr Skin Color Model and Morphology Technique," Khon Khen University, pp. 252-261, 2001.