การพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าบุคคลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
Development of the Human Face Recognition System using the Artificial Neural Network

วุฒิชัย ปวงมณี (Wutichai Phongmanee) และขจรศักดิ์ คันธพนิต (Kajornsak Kantapanit)

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
wutichaip@hotmail.com and kajornsak@ncu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบที่สามารถรู้จำบุคคลด้วยเค้าโครงใบหน้าโดยใช้อัลกอริทึมแบบแพร่กลับของโครงข่ายประสาทเทียม ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา C# และชุดคำสั่งของ EmguCV พร้อมติดตั้งกล้องเว็บแคมสำหรับการจับภาพใบหน้าบุคคลที่มาอยู่ตรงหน้าแล้วนำภาพที่ได้นี้มาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพดิจิตอลเพื่อเตรียมภาพให้เป็นตัวแปรอินพุตสำหรับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อตรวจสอบ ถ้าภาพใบหน้าบุคคลนั้นตรวจสอบแล้วไม่พบในฐานข้อมูลก็จะทำการสนทนาเพื่อต้องการทราบรายละเอียดของบุคคลนั้น โดยเฉพาะชื่อซึ่งจะใช้เป็นตัวแปรทาร์เก็ตเพื่อนำไปใช้ฝึกสอนให้ข่ายสมองจดจำชื่อและใบหน้าพร้อมทั้งรายละเอียดเก็บไว้ในฐานข้อมูลสำหรับบุคคลที่รู้จักแล้วต่อไป จากผลการทดลองสามารถรู้จำใบหน้าบุคคลได้อย่างถูกต้อง 91.50% จากภาพตัวอย่างทั้งหมด 168 ภาพ

คำสำคัญ: รู้จำบุคคล เค้าโครงใบหน้า แพร่กลับ โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

This paper presents an approach to the development of a human face features recognition system with the backpropagation algorithm of the Artificial Neural Networks (ANNs). The programming languages used were C# and EmguCV instruction sets. A webcam was installed to catch the facial image of the people in focus and pass the image data through image processing processes to be prepared as the input data for the checking procedure of the neural network. If it is cannot checking person image from database system, the system starts a conversation in order to obtain the name and other details. The name is then used as the target data together with the facial input data to train the neural to remember a new known person along with other details in the system database. The experimental results showed that 91.50% of 168 samples of person images were correctly recognized.

Keyword: Human Recognition, Face Features, Back-Propagation, Artificial Neural Network

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้กำลังมีความพยายามในการที่จะพัฒนาให้คอมพิวเตอร์สามารถจดจำและรู้จักใบหน้าของมนุษย์ได้ โดยได้มีนักวิจัยเสนอวิธีการต่างๆ ดังตัวอย่างของ Roberto Brunelli and Daniele Falavigna เสนอวิธีการ Multiple Cues [1], X.Jia and M.S.Nixon เสนอวิธีการ Feature Vectors [2], I.Wiskott, J.M.Fellious, N.Kroger เสนอวิธีการ Elastic Bunch Graph Matching [3], I.J.Cox, J.Ghosn, P.N.Yanilos เสนอวิธีการ Feature-Based [4] และ M.A.Grudin ก็ได้เสนอวิธีการ Compact Multi-Level Model [5], L.-F. Chen, H.-Y.M. Liao, J.-C. Lin, C.-C. Han เสนอวิธีการแบ่งใบหน้าออกเป็นส่วนๆ แล้วค่อยจำ [6], G. Shakhnarovich, B. Moghaddam เสนอวิธีซับสเปซ [7], L. Sirovich, M. Meytlis นำเสนอวิธีการใช้หลักการทางสถิติมาช่วยในการจดจำใบหน้า [8] เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตามก็ยังไม่พบงานวิจัยที่จะพัฒนาโปรแกรมมีความฉลาดคล้ายมนุษย์ สามารถจดจำใบหน้าพร้อมกับรายละเอียดของแต่ละคนที่พบปะ ในทำนองเดียวกับพฤติกรรมของคนเมื่อพบปะกับบุคคลที่ยังไม่เคยรู้จักมาก่อนเลย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนออีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถมีกล้องสำหรับทำงานแทนตาของมนุษย์พร้อมกับมีคอมพิวเตอร์ทำงานแทนสมองส่วนต่างๆ ในการจดจำรายละเอียดของบุคคลอื่นโดยเมื่อพบเห็นใบหน้าคนใดคนหนึ่งแล้วจะสามารถจดจำเค้าโครงหน้าไว้ได้พร้อมกับสามารถสนทนาเพื่อจะทราบชื่อและรายละเอียดอื่นๆ ของบุคคลนั้นๆ ไว้เพื่อทำการจดจำไว้ในสมองและในภายหลังถ้าได้พบปะกับบุคคลที่เคยได้ทำความรู้จักไว้แล้วก็สามารถแสดงความรู้จักได้ว่าเป็นใครพร้อมกับสามารถสนทนากันได้ต่อไปอีกด้วย

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์หาเค้าโครงหน้า (Human Face Features Analysis)

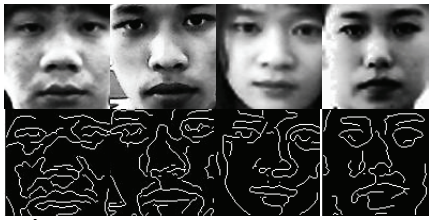
จากการวิเคราะห์การทำงานของสมองมนุษย์ในการจดจำใบหน้าคนจะเห็นว่าเมื่อเรามองเห็นหน้าคนๆ หนึ่ง สิ่งที่เราจะจดจำไว้เป็นสิ่งสำคัญก็คือเค้าโครงหน้าและชื่อเพื่อว่าในการพบเห็นบุคคลนี้อีกครั้งในโอกาสต่อไปก็จะสามารถรู้จักได้ว่าบุคคลนี้มีชื่ออะไร และในการจำหน้าของแต่ละคนนั้นสมองของเราคงจะไม่ใช้วิธีจำรายละเอียดทั้งหมดของหน้าไว้เนื่องจากจะต้องใช้ความจำมากสำหรับการจดจำหน้าของแต่ละคนซึ่งก็จะทำให้เราไม่สามารถจะจดจำหน้าของคนจำนวนมากได้ ดังนั้นสมองมนุษย์จึงต้องใช้วิธีการที่ใช้ความจำไม่มากในการจำหน้าแต่ละคนไว้ ซึ่งในการวิจัยนี้เสนอแนวคิดที่ว่าสมองจะต้องใช้วิธีการจำเค้าโครงหน้าแทนใบหน้าทั้งหมด และเค้าโครงหน้าก็ประกอบด้วยลักษณะของใบหน้า ลักษณะของตา คิ้ว จมูกและปากดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ตัวอย่างลักษณะของเค้าโครงหน้าที่เสนอในการวิจัยนี้

จะเห็นว่าในภาพของเค้าโครงหน้านั้นได้มีการตัดรายละเอียดของใบหน้าที่ไม่จำเป็นออกไปเหลือไว้แต่เค้าโครงของอวัยวะที่สำคัญในใบหน้า

2.2 การตัดขอบภาพแบบ Canny (Canny Edge Detection)

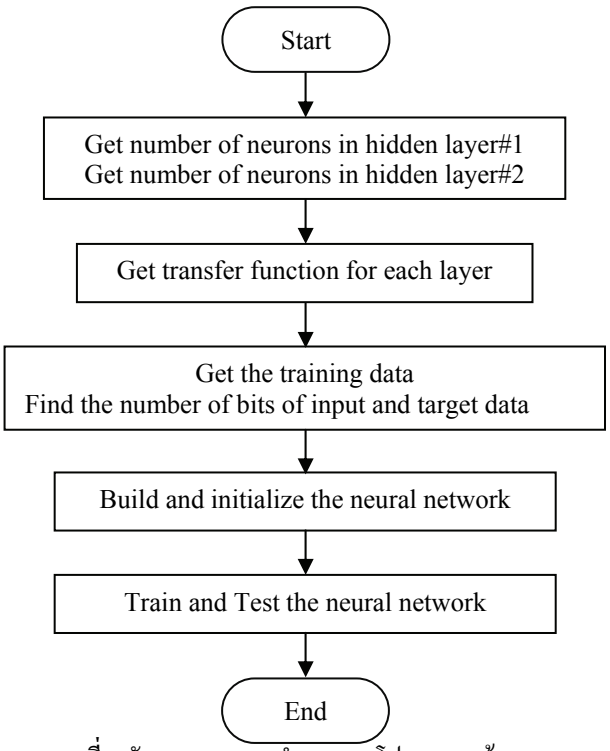
ขั้นตอนการหาขอบภาพโดยวิธีของ Canny ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาเซียน เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง คำนวณค่าขนาดและทิศทางของเกรเดียนท์ นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าของ Non-Maxima Suppression กับค่าขนาดของเกรเดียนท์เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลงและในขั้นตอนสุดท้ายใช้การกำหนดจุดอ้างอิงสองระดับ (Double Thresholding) เพื่อระบุค่าของพิกเซลที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบ ดังตัวอย่างภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพที่ได้จากการหาขอบด้วยวิธีของ Canny

2.3 การพัฒนาระบบข่ายสมอง

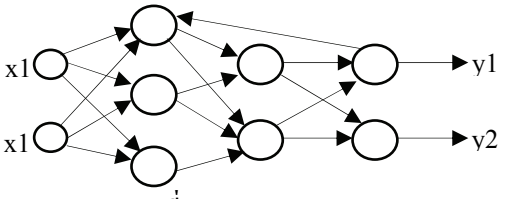
สำหรับข่ายสมองที่จะใช้งานในงานวิจัยนี้เป็นข่ายสมองแบบหลายชั้น (Multi-layer neural networks) โดยแต่ละชั้นสามารถกำหนดชนิดของฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) หรือฟังก์ชันถ่ายทอด (Transfer Function) ที่ต้องการใช้งานได้ โดยอาจจะเป็นแบบ Hard-Limit Transfer Function, Linear Transfer Function หรือ Log-Sigmoid Transfer Function ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม ในด้านจำนวนของนิวรอนในแต่ละชั้นนั้นสำหรับชั้นอินพุต (Input Layer) นั้นจำนวนนิวรอนจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของข้อมูลอินพุตโดยจะต้องมีจำนวนเท่ากันเสมอ สำหรับชั้นเอ้าท์พุต (Output Layer) ก็เช่นกันจำนวนนิวรอนที่ใช้ก็จะต้องเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลเอ้าท์พุตเสมอ ส่วนจำนวนชั้นซ่อน (Hidden Layers) นั้นได้กำหนดไว้ให้มี 2 ชั้น โดยจำนวนนิวรอนในแต่ละชั้นสามารถกำหนดได้ตามความต้องการ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของข่ายสมองในขนาดต่างๆ กันได้อย่างสะดวก ในการที่จะสร้างข่ายสมองให้มีขนาดพอดีกับที่จะใช้งานกับข้อมูลฝึกสอน (Training Data) ได้นั้นก็จะต้องได้รับข้อมูลฝึกสอนซึ่งประกอบด้วยข้อมูลอินพุตและข้อมูลเอ้าท์พุตหรือทาร์เก็ต (Target) เสียก่อนแล้วจึงนำไปตรวจสอบหาจำนวนบิตของข้อมูลทั้งสองเพื่อนำไปสร้างข่ายสมองให้มีจำนวนนิวรอนอินพุตและนิวรอนเอ้าท์พุตในจำนวนที่พอดี เมื่อได้รับข้อมูลที่จำเป็นในการสร้างข่ายสมองครบแล้วจึงทำการสร้างและกำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่ข่ายสมอง เสร็จแล้วจึงนำข้อมูลฝึกสอนมาใช้งานในการฝึกสอนข่ายสมองจนกว่าจะได้เอ้าท์พุตตามที่ต้องการแล้วจึงรอรับภาพมาทำการทดสอบความจำของข่ายสมองนั้นและรายงานผล ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม สำหรับสร้างข่ายสมองประกอบด้วยการทำงานต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมสร้างและทดสอบข่ายสมอง

2.4 ข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (Backpropagation Neural Network)

ข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ มีการคำนวณส่งค่าน้ำหนักย้อนกลับจากชั้นที่อยู่ด้านหลังมายังชั้นที่อยู่ด้านหน้าอยู่ด้วยแสดงตัวอย่างในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 Recurrent Network

จากภาพที่ 4 เป็นข่ายสมองแบบ Multi-Layered, Feed Forward และ Supervised Training Neural Network โดยมีขั้นตอนในการเรียนรู้อยู่สามขั้นตอนคือ

2.4.1 การฝึกสอนไปข้างหน้านำ Input Training Vector แต่ละชุดเข้ามาประมวลผลแบบคำนวณไปข้างหน้าจนถึงค่าเอาท์พุต

2.4.2 การคำนวณหาค่าของความผิดพลาด (Error Calculation) นำค่าเอาท์พุตที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ Output Training Vector ที่ป้อนเข้ามาสอนเพื่อหาค่าความผิดพลาด (Error Vector) ออกมา ถ้าค่าความผิดพลาดยังมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ ทำขั้นตอนที่สามต่อไป แต่ถ้าค่าของความผิดพลาดน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ ให้หยุดการฝึกสอน เนื่องจากข่ายประสาทเทียมได้เรียนรู้ข้อมูลนั้นไว้แล้ว

2.4.3 การแพร่กลับความผิดพลาด (Error Backpropagation) นำค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้จากในขั้นตอนที่สองนั้นมาใช้ในการคำนวณเพื่อปรับค่าน้ำหนักโดยเริ่มจากชั้นแรกมาจนถึงชั้นเอาท์พุต คำนวณหาค่าของ Output Training Vector ค่าใหม่ แล้วกลับไปทำตามขั้นตอนที่สองใหม่

2.5 Open CV (Open Source Computer Vision) [9]

Open CV หรือ Open Source Computer Vision Library เป็น Library ที่พัฒนาโดย บริษัท Intel โดยใช้ในการประมวลผลภาพและงานทางด้าน Computer Vision ทั่วไป ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา C และ C++ ซึ่งสามารถทำงานได้ทั้งบน Linux , Mac OSX และ Windows และนอกจากนั้นยังมี interface สำหรับเชื่อมต่อกับภาษาหรือเครื่องมืออื่นๆ ด้วย อาทิ เช่น Python, Ruby, Matlab เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว Library ยังถูกเขียนและมีการ Optimize scheme ซึ่งทำให้ Library ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังรองรับและสนับสนุนการทำงานแบบ Multi-core processors โดยจุดเด่นอีกอย่างหนึ่งของ Open CV คือ เป็น Library ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้หรือนักพัฒนาสามารถใช้ฟังก์ชันใน Library ซึ่งมีมากกว่า 500 ฟังก์ชัน ในการพัฒนาชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้

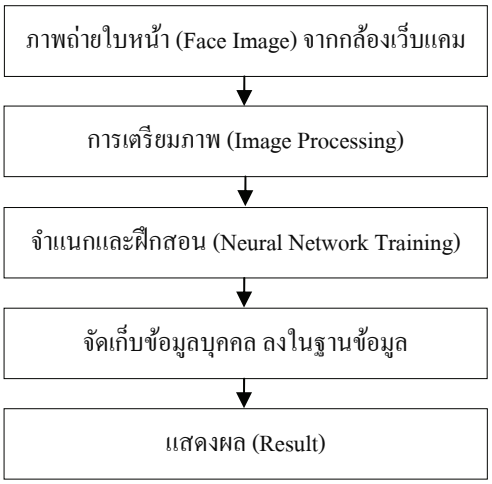
2.6 Emgu CV [10]

Emgu CV เป็นตัวเชื่อมโยงภาษา (Wrapper) ที่พัฒนาขึ้นางด้านเพื่อใช้ในการประมวลผลภาพและงานท Computer Vision เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ได้ในหลายแพลตฟอร์ม สามารถแปลงชุดคำสั่งไปกลับ ระหว่าง Library ของ .NET กับ Open CV นอกจากนั้นยังสามารถทำให้ฟังก์ชันของ Open CV รองรับภาษาของ .NET เช่น C#, VB.NET, VC++ , IronPython ฯลฯ สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows, Linux, Mac OS X, iPhone, iPad และอุปกรณ์ Android ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับการพัฒนาได้

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 โครงสร้างโดยรวมของระบบ

ในการสร้างระบบงานนี้ได้ใช้โปรแกรมภาษา C# ในการเขียนโปรแกรม และจัดเก็บข้อมูลบุคคลในฐานข้อมูลของระบบ รวมไปถึงได้นำเอา Library Emgu CV มาช่วยในการพัฒนาโปรแกรมในส่วนของการจับภาพใบหน้าบุคคลและใช้งานผ่านกล้องเว็บแคม ซึ่งสามารถทำการจับภาพมาทำการวิเคราะห์และระบุใบหน้าของบุคคลในขณะนั้น โดยมีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการทำงานของการพัฒนาระบบที่สามารถรู้จำใบหน้าบุคคล

3.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

ในขั้นตอนการเตรียมภาพผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการหาขอบภาพด้วยวิธีของ Canny เพราะได้เส้นขอบที่ต่อเนื่องมากกว่าการตัดขอบด้วยวิธีอื่นๆ และในการตัดขอบได้กำหนดค่าความละเอียดที่ 0.2 เพราะเป็นค่าความละเอียดที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ ความละเอียดของเส้นขอบที่ตัดแล้วไม่มากและน้อยจนเกินไป ไม่มีผลต่อการนำไป

ประมวลผลและเวลา ในการระบุรูปใบหน้าของบุคคล ดังตัวอย่างในภาพที่ 6

(ก) (ข) (ค) (ง)

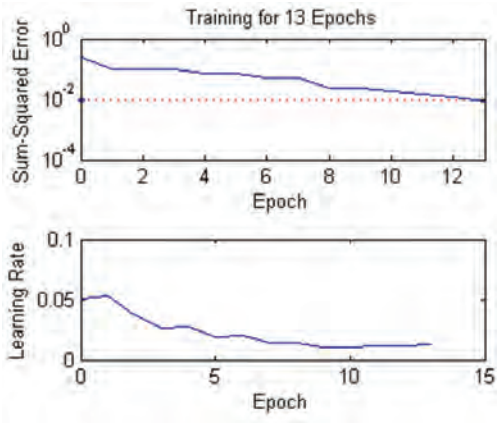
ภาพที่ 6 วิธีการหาขอบภาพด้วยวิธีของ Canny (ก) ภาพใบหน้าต้นแบบ (ข) ค่าความละเอียด 0.1 (ค) ค่าความละเอียด 0.2 (ง) ค่าความละเอียด 0.3

3.3 การฝึกสอน (Training)

ในการฝึกสอนนี้เป็นการฝึกสอนด้วยวิธีแบบแพร่กลับ (Backpropagation) และบันทึกน้ำหนักที่ได้จากการฝึกสอนไว้ โดยจำนวนโหนดที่ใช้ คือ 10, 20 และ 40 ตามลำดับของการฝึกสอนในแต่ละครั้ง ดังภาพที่ 7

(ก)

(ข)



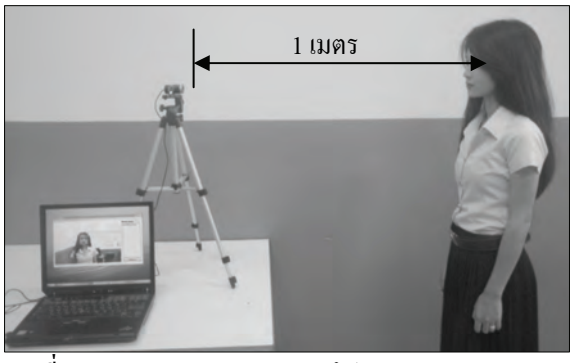
(ค)

ภาพที่ 7 การฝึกสอนการจดจำใบหน้า
(ก) ภาพใบหน้าที่รับเข้า
(ข) ภาพที่ตัดขอบแล้วด้วยวิธี Canny
(ค) กราฟแสดงค่า Learning Rate และ Sum-Squared Error

จากภาพที่ 7 (ค) กราฟแสดงผลการฝึกสอน ให้ข่ายสมองจำชื่อและข้อมูลภาพใบหน้าที่ส่งเป็นอินพุตเข้าไปสอน โดยใช้การสอนจำนวน 13 รอบ เมื่อค่า Sum-Squared Error เข้าใกล้ค่า 0.01 (10 ยกกำลัง -2) ที่ตั้งไว้จึงทำการหยุดการสอน

3.4 การทดลองการทำงานของระบบ

ในการทดลองและทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้ ได้ใช้กล้องเว็บแคมที่มีความสามารถทำการปรับระยะโฟกัสของภาพได้แบบอัตโนมัติซึ่งมีระยะสูงสุดถึง 1 เมตร จึงทำให้ไม่เป็นปัญหาเมื่อใบหน้าบุคคลนั้น อยู่ตำแหน่งด้านหน้าของกล้องเว็บแคม แล้วต้องหาระยะที่ภาพชัดที่สุดเองเพื่อให้โปรแกรมนำไปประมวลผล ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมสำหรับจับภาพใบหน้า

ในการวางตำแหน่งของกล้องเว็บแคม สำหรับการจับภาพใบหน้านั้น ต้องเป็นตำแหน่งที่ไม่ย้อนแสงหรือมีแสงสว่างมากเกินไปของฉากด้านหลัง เพราะจะมีผลกับความสว่างของภาพใบหน้าที่จับภาพไว้ได้ สำหรับการนำไปใช้เป็นข้อมูลในการจดจำหรือตรวจสอบต่อไป

ภาพที่ 9 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรมหลัก

จากภาพที่ 9 เมื่อบุคคลที่กล้องเว็บแคมจับภาพได้แล้ว และในฐานข้อมูลไม่พบข้อมูลใบหน้าบุคคลนั้น จะมีปุ่มที่หน้าจอหลักชื่อปุ่ม “เพิ่มข้อมูลบุคคล” สามารถทำการเพิ่มข้อมูลภาพใบหน้าบุคคลเข้าไปยังระบบฐานข้อมูลได้ ดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11

จากภาพที่ 10 และภาพที่ 11 ในการจับภาพ (Capture) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจดจำ ได้มีการกำหนดไว้ในการเขียน

โปรแกรม ให้มีการจับภาพเองแบบอัตโนมัติ เมื่อกล้องเว็บแคมได้ภาพที่อยู่ในระยะโฟกัส ซึ่งเป็นภาพที่มีความชัดมากที่สุดจะทำการจับภาพและใช้เป็นข้อมูลใบหน้าของบุคคลนั้น ได้ทันที

ภาพที่ 10 หน้าต่างโปรแกรมในส่วนเพิ่มข้อมูลใบหน้าบุคคลที่ 1

ภาพที่ 11 หน้าต่างโปรแกรมในส่วนเพิ่มข้อมูลใบหน้าบุคคลที่ 2

ภาพที่ 12 ทดสอบการจดจำใบหน้าและสนทนา

จากภาพที่ 12 เมื่อทำการนำภาพใบหน้าทำการจดจำและบันทึกลงฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบให้ระบบตรวจสอบอีกครั้ง ระบบสามารถระบุชื่อของบุคคลทั้ง 2 ได้อย่างถูกต้อง และแสดงข้อความทักทาย

code : A100

สวัสดีครับคุณ : ธัญญาธร

code : A101

สวัสดีครับคุณ : มาริสา

ในบางจังหวะหากมีการเอียงหน้าหรืออยู่ในมุมที่ไม่ได้นำภาพนั้นเข้าสู่กระบวนการสอนก็จะไม่แสดงข้อมูลภาพใบหน้าของบุคคลนั้นได้ หรือแม้กระทั่งภาพใบหน้าบุคคลที่มีการบันทึกข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลแล้วก็ตาม

4. ผลการดำเนินงาน

ในการสอนรอบแรกๆ จะใช้จำนวนรอบในการฝึกสอนมาก สามารถระบุใบหน้าบุคคลได้เพียงรูปที่ได้ทำการฝึกสอน ส่วนรูปที่ยังไม่ได้รับการฝึกสอน นั้นไม่สามารถระบุชื่อบุคคลได้ เมื่อเพิ่มจำนวนโหนดมากขึ้นจะทำให้จำนวนรอบ (Epoch) ในการเรียนรู้ของแต่ละใบหน้าเพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อนำภาพใบหน้าเดิมเข้าฝึกสอนอีก จะทำให้สามารถตอบได้แม่นยำมากขึ้น เมื่อทำการฝึกสอนหลายๆ ครั้งกับใบหน้าบุคคลเดิม ทำให้จำนวนรอบการเรียนรู้ (Epoch) ของแต่ละใบหน้าค่อยๆ ลดลงจนเป็นศูนย์ เมื่อนำใบหน้าที่ถูกฝึกสอนเข้าไปถามจะสามารถตอบได้ถูกต้อง 100%

ตารางที่ 1 ผลการฝึกสอนรูปขนาด 100*100 pixel จำนวนโหนดเท่ากับ 10 โหนด

ลำดับ	รูป	จำนวนครั้งที่ฝึกสอน (Epoch)	อัตราการเรียนรู้ (Learning rate)	ชื่อที่ตอบ
1	A100	7	0.00185297	ธัญญาธร
2	A101	13	0.00350358	มาริสา
3	A100	8	0.0328323	ธัญญาธร
4	A101	6	0.0446699	มาริสา
5	A100	5	0.0425427	ธัญญาธร
7	A101	7	0.0208459	มาริสา
8	A100	4	0.0405169	ธัญญาธร
10	A101	8	0.0064854	มาริสา

จากผลการทดลองตารางที่ 1 ถ้านิวรอนให้ a $\neq$ t ให้กลับไปคำนวณปรับค่าน้ำหนักและค่า Threshold ในทิศทางที่จะปรับให้ a ---> t โดยมีการใช้ค่า Learning Rate ประกอบในการปรับค่าน้ำหนักแต่ละครั้งด้วย ตามสมการโดย t = target และ $\propto$ = Learning ดังสมการที่ 1 ภาพที่ได้ค่าใกล้ 0.05 จะใช้จำนวนครั้งในการฝึกสอน (Epoch) น้อยกว่า ภาพใบหน้าอื่น ๆ ที่ค่า Learning rate น้อยกว่า 0.05

$$W_i\,(new) = w_i(old) + (\propto.t.x_i) \qquad (1)$$

จากผลการทดสอบภาพที่ ค่า Learning rate ใกล้ค่า 0.05 มากที่สุด มีความถูกต้องในการระบุชื่อบุคคลจากภาพใบหน้าที่กล้องเว็บแคมจับภาพได้มากกว่าภาพบุคคลอื่น และถ้าจำนวน

รอบที่ทำการสอนมากเกินไปจึงทำการสั่งให้หยุดที่ 100 รอบ เป็นต้น โดยโอกาสที่จะเกิด Error หรือ Sum-Squared Error ได้จากการนำค่า target มาลบกับเอาท์พุต หลังจากนั้นนำ squared error ป้อนกลับมาคำนวณปรับค่า weights และ bias ต่าง ๆ เพื่อทำให้สามารถจดจำได้ดีขึ้นกว่ารอบที่ผ่านมาและทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่า squared error จะใกล้เคียง 0.01 ที่ตั้งไว้

5. บทสรุป

จากการทดลองจำนวนครั้งที่ฝึกสอนและจำนวนรูปทั้งหมด 168 รูป สรุปได้ว่าผลของการฝึกสอนแต่ละรอบของภาพใบหน้า ในอัตราการเรียนรู้ที่เข้าใกล้ 0.05 เมื่อใบหน้าบุคคลนั้นมาทำการทดสอบสามารถตอบชื่อบุคคลได้แม่นยำ และจนกว่าระบบจะจำใบหน้าได้นั้นต้องฝึกสอนจนกว่าจำนวนรอบการเรียนรู้ (Epoch) เข้าใกล้หรือเท่ากับศูนย์ ในการทดสอบเมื่อเพิ่มขนาดของรูปแต่ใช้จำนวนของโหนดที่น้อยจะทำให้ต้องฝึกสอนหลายครั้งจนกว่าจะเริ่มจำได้ ดังนั้นการเลือกขนาดของภาพจะต้องเลือกจำนวนของโหนดให้เหมาะสมด้วยเช่นกัน โดยผู้พัฒนาจะนำข้อผิดพลาดจากผลของการทดลองที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ระบบมีความแม่นยำในการจำจดใบหน้ายิ่งขึ้นต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] R.Brunelli, D.Falavigna, “Person Identification Using Multiple Cues”, IEEE Trans Pattern Recognition, vol.17, 1995.
[2] X.Jia and M.S.Nixon, “Extending the Feature Vector for Automatic Face Recognition”, IEEE Trans Pattern Recognition, vol. 17, 1995.
[3] I.Wiskott, J.M.Fellious and N.Kroger, “Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching”, IEEE International Conference on Image Processing, Santa Barbara, Ca., U.S.A., Oct 26-29, 1997.
[4] I.J.Cox, J.Ghosn and P.N.Yanilos, “Feature-Based Face Recognition using Mixture-Distance”, IEEE International Symposium on Computer Vision, Coral Gables, Fl., U.S.A., May 1995.
[5] M.A.Grudin, “A Compact Multi-Level Model for the Recognition of Facial Images”, PhD thesis, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK., 1998.
[6] L.-F. Chen, H.-Y.M. Liao, J.-C. Lin, C.-C. Han, Why Recognition in a Statistics-based Face Recognition System Should be based on the Pure Face Portion: a Probabilistic Decision-based Proof, Pattern Recognition, Vol.34, No.5, 2001, pp. 1393-1403.
[7] G. Shakhnarovich, B. Moghaddam, Face Recognition in Subspaces, Handbook of Face Recognition, Eds. Stan Z. Li and Anil K. Jain, Springer-Verlag, December 2004.
[8] L. Sirovich, M. Meytlis, Symmetry, Probability, and Recognition in Face Space, PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 106, No. 17, 28 April 2009, pp. 6895-6899.
[9] Open CV, “OpenCV C interface”,http://opencv.willowgarage.com
[10] Emgu CV, “C# Image Processing”,http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_page