

ขั้นตอนวิธีการตรวจจับการเคลื่อนที่ของใบหน้า และดวงตาเพื่อสั่งการทำงานคอมพิวเตอร์



นายชัยรัตน์ ไกรจันทร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

FACE AND EYE TRACKING ALGORITHM FOR CONTROLLING COMPUTER FUNCTIONS



Mr. Chairat Kraichan

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ขั้นตอนวิธีการตรวจจับการเคลื่อนที่ของใบหน้า และ
ดวงตาเพื่อสั่งการทำงานคอมพิวเตอร์

โดย

นายชัยรัตน์ ไกรจันทร์

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัมย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.วัชร ฉัตรวิริยะ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชัยรัชต์ ไกรจันทร์ : ขั้นตอนวิธีการตรวจจับการเคลื่อนที่ของใบหน้า และดวงตาเพื่อสั่งการทำงานคอมพิวเตอร์. (FACE AND EYE TRACKING ALGORITHM FOR CONTROLLING COMPUTER FUNCTIONS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. สุรีย์ พุมรินทร์, 56 หน้า.

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ นำเสนอขั้นตอนวิธีการตรวจจับการเคลื่อนที่ของใบหน้า และดวงตาเพื่อสั่งการทำงานคอมพิวเตอร์ ภาพรวมของระบบ ประกอบไปด้วย การประยุกต์ทฤษฎีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์ การประยุกต์ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดิ่ง โดยเปรียบเทียบค่าบ่งชี้คุณภาพของภาพที่มีความซับซ้อนของลวดลายต่างๆ ต่อจำนวนการทำซ้ำ ที่ผ่านกระบวนการวิธีขยายภาพความละเอียดสูงยวดิ่ง เพื่อขยายภาพดวงตาจากความละเอียดต่ำไปความละเอียดสูง การประยุกต์ทฤษฎีการหาค่าความโค้ง เพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงตา และฉายเงาเตอร์นี้ไปยังจอคอมพิวเตอร์ การประยุกต์การตรวจจับการกระพริบตาเพื่อควบคุมเมาส์คอมพิวเตอร์ ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของกระบวนการวิธีการตรวจจับการเคลื่อนที่ของใบหน้า และดวงตาเพื่อสั่งการทำงานคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วย การทดสอบในเวลากลางวัน (แสงมาจากสองแหล่ง) และในเวลากลางคืน (แสงมาจากแหล่งเดียว) จากผลการทดลองการบันทึกวีดิทัศน์การใช้งานและตรวจจับจำนวนเฟรมที่ถูกต้องต่อจำนวนเฟรมที่ถูกจับทั้งหมด กรณีผู้ใช้งานที่ระยะห่างกับคอมพิวเตอร์ที่ 60 เซนติเมตร ลักษณะใบหน้าตั้งตรง และศีรษะมีความสูงจากกล้องไม่เกิน 5 เซนติเมตร กระบวนการวิธีให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจจับจุดศูนย์กลางของดวงตา เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ในกรณีที่ผู้ใช้งานมีการเอียงใบหน้าในลักษณะมุมเอียง และมุมก้ม-เงย ตั้งแต่ -15 องศา ไปจนถึง 15 องศา กระบวนการวิธีนี้ให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 80 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบการใช้งานของระบบ และสอบถามความเห็นของผู้ใช้งานทั่วไป และผู้พิการทางแขน ให้ความคิดเห็นว่า มีความต้องการโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้น เพียงแต่ต้องการเพิ่มฟังก์ชันการใช้งานเพื่อให้มีความสะดวกเพิ่มขึ้นในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2556

5570161721 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS: HAAR-LIKE FEATURE / SUPER-RESOLUTION / CURVATURE / PEAK
SIGNAL-TO-NOISE RATIO

CHAIRAT KRAICHAN: FACE AND EYE TRACKING ALGORITHM FOR
CONTROLLING COMPUTER FUNCTIONS. ADVISOR: ASST. PROF. SUREE
PUMRIN, Ph.D., 56 pp.

This thesis proposes face and eye tracking algorithm for controlling computer functions. The overall system consists of face and eye detection via Haar-like feature, super-resolution reconstruction of low resolution eye-image selected by comparison of peak signal-to-noise ratio and the number of iterations of various texture images, eye-centered extraction via curvature method, mapping center of eye-pair coordinate to computer screen, and eye-blink detection for controlling computer mouse. The system was tested both in day time (two light sources) and at night time (one light source). The system performance was evaluated by measuring sensitivity—a ratio of correct eye-detected video frames and the total number of video captured frames. From the experimental results, the none head pose user at 60 centimetres away from the computer screen and head height at 5 centimetres above the camera achieved 90 percent sensitivity. However, the maximum system performance of head pose between -15 to 15 degree of roll and pitch angle accomplished 80 percent sensitivity. The normal users and the upper limb disabilities gave positive feedback on our system but requested extra add-on functions for more user friendly system in the future.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Electrical Engineering Student's Signature

Field of Study: Electrical Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ยอด่างดี ด้วยความช่วยเหลือของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียั พุ่มรินทร์ ที่ให้คำปรึกษา สนับสนุน และกระตุ้นให้เกิดแรงบันดาลใจในการทำงานวิจัยตลอดมา และรองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลาธรรมิ ที่ช่วยให้คำปรึกษา ในทุก ๆ ด้านมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนอบรมป้มนิสัย มาทำให้ข้าพเจ้ามีความรู้ความสามารถเพียงพอที่จะทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และประโยชน์อื่นแม้เพียงเล็กน้อยในสังคมได้

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ เพื่อนๆ และรุ่นน้อง ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาที่ดี ทำให้การทำวิทยานิพนธ์เป็นไปอย่างราบรื่น

ขอขอบคุณแรงกดดันจากเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทั้งในเชิงบวก และลบ ที่บันดาลให้ทุกสิ่งทุกอย่างเกิดขึ้น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์.....	1
1.1.1. การทบทวนบทประพันธ์.....	2
1.1.1.1. วิธีการลักษณะแบบฮาร์.....	2
1.1.1.2. วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง.....	2
1.1.1.3. วิธีการหาค่าความโค้ง และวิธีการหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา	3
1.1.1.4. การฉายไปยังจอคอมพิวเตอร์	3
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.2.1. เสนอวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาโดยวิธีการแบบฮาร์.....	4
1.2.2. เสนอวิธีการขยายภาพหลังจากตรวจจับดวงตา โดยการเปรียบเทียบกับวิธีต่างๆ.....	4
1.2.2.1. ผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง.....	4
1.2.2.2. วิธีแบบพจนานุกรมคู่ของความละเอียดสูงยวดยิ่ง	4
1.2.2.3. การวิเคราะห์แกนขององค์ประกอบหลักของความละเอียดสูงยวดยิ่ง.....	4
1.2.3. เสนอวิธีการติดตามการเคลื่อนที่ของลูกตาโดยเพื่อสร้างคีนภาพ 2 มิติ.....	4
1.3. ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4. วิธีดำเนินการวิจัย	5
1.4.1. ศึกษาการสร้างโปรแกรมประเภท C++ รวมถึง C# ในเชิงขนาน	5
1.4.2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษา C++ และ C# สำหรับการใช้งานในการประมวล ประเภทรูปภาพ.....	5
1.4.3. ศึกษาขั้นตอนวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์.....	5
1.4.4. ศึกษาขั้นตอนวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง	5

1.4.5. ศึกษาขั้นตอนวิธีการประยุกต์วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งหลังจากผ่านขั้นตอนวิธีแบบฮาร์.....	5
1.4.6. ศึกษาขั้นตอนวิธีการหาจุดศูนย์กลางของดวงตาโดยใช้ความเข้มแสง รวมทั้งสามารถประยุกต์ด้วยวิธีการหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา เพื่อส่งการคอมพิวเตอร์.....	5
1.4.7. ศึกษาขั้นตอนวิธีการสร้างคืนภาพสองมิติบนจอคอมพิวเตอร์	5
1.4.8. ออกแบบ และทดสอบขั้นตอนวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์ ทั้งในโปรแกรมแมทแลป (MATLAB) และโปรแกรมวิทัศน์สตูดิโอ (Visual Studio).....	5
1.4.9. ออกแบบ และทดสอบขั้นตอนการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง รวมทั้งโปรแกรมที่สร้างสามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพได้	5
1.4.10. ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมประยุกต์การหาจุดศูนย์กลางของดวงตาด้วยขั้นตอนวิธีการหาค่าความโค้ง และโปรแกรมประยุกต์ขั้นตอนวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์ ที่สามารถขยายภาพด้วยขั้นตอนการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง แบบผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง	5
1.4.11. ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมการสร้างคืนภาพสองมิติ โดยการประยุกต์การฉายไปยังจอคอมพิวเตอร์	5
1.4.12. ออกแบบ และทดสอบการส่งการคอมพิวเตอร์ผ่านการประยุกต์ ด้วยวิธีการกระพริบตา	5
1.4.13. ทดสอบการใช้งานกับผู้ใช้งานทั่วไป และผู้พิการทางแขน	5
1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.5.1. ผู้ใช้งานทั่วไป และผู้พิการทางแขนสามารถใช้งานระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7 (Windows OS Version 7) ได้สะดวกขึ้น	6
1.5.2. ขั้นตอนวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับงานวิจัยอื่น ที่มีความต้องการพัฒนาระบบภาพที่มาจากกล้องเว็บแคมเพียงหนึ่งตัว ให้มีความสะดวกในการขยายภาพจากกล้องที่มีความละเอียดต่ำได้	6
1.5.3. ขั้นตอนวิธีการหาจุดศูนย์กลางของดวงตา โดยใช้ความเข้มแสง ด้วยวิธีการหาความโค้ง หากผู้วิจัยท่านอื่นนำทฤษฎีดังกล่าวไปประยุกต์การใช้งานการตรวจจับวัตถุในที่มืดแสง	6
1.5.4. ขั้นตอนวิธีการฉายภาพสองมิติบนจอคอมพิวเตอร์ หากผู้วิจัยท่านอื่น นำทฤษฎีดังกล่าวไปประยุกต์การใช้งานเพื่อติดต่อสื่อสาร (Interface) กับคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีการแบบอื่น.....	6

1.5.5. ขั้นตอนวิธีการเขียนโปรแกรมในเชิงขนานโดยโครงสร้างโอเพนเอ็มพี (OPENMP) มีผลต่อการทำงานของระบบประมวลผลทำให้โปรแกรมที่สร้างขึ้นมีการประมวลผลที่รวดเร็ว ซึ่งหากมีผู้พัฒนานำโครงสร้างดังกล่าวไปใช้งานจะทำให้มีผลต่อความเร็วในการทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น	6
1.5.6. ความรู้ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ได้ทั้งในเชิงการสร้างโปรแกรม และในเชิงการขยายภาพที่ความละเอียดสูง	6
1.6. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย	7
บทที่ 2 ทฤษฎีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาแบบฮาร์	8
2.1. การตรวจจับใบหน้า	8
2.2 การตรวจจับดวงตา.....	10
2.2.1 การตรวจจับดวงตาทั้งสองข้างได้	10
2.2.2. การตรวจจับดวงตาเพียงข้างเดียว.....	11
บทที่ 3 ทฤษฎีขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง	12
3.1. ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบการวิเคราะห์แแกนองค์ประกอบหลัก	12
3.2. ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบพจนานุกรมคู่.....	16
3.3. ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง	18
3.3.1. การเติมสัญญาณรบกวน และลดขนาดภาพ	18
3.3.2. การเบลอภาพ และการทำให้ภาพไม่เบลอ	20
3.3.3. การทำให้ขอบของภาพชัดเจนขึ้น.....	22
บทที่ 4 ทฤษฎีแบบประยุกต์ของการหาค่าความโค้งของดวงตา และทฤษฎีแบบประยุกต์ของการหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา.....	23
4.1. การหาจุดศูนย์กลางของดวงตาเพียงหนึ่งข้าง	23
4.2. การหาจุดศูนย์กลางของดวงตาทั้งสองข้าง	25
4.3. การประยุกต์การหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา	25
บทที่ 5 การประยุกต์เวกเตอร์เพื่อวาดภาพลงบนจอคอมพิวเตอร์	27
บทที่ 6 วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบ	29
6.1. การทดสอบวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์.....	29

6.2. การทดสอบวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง	34
6.3. การทดสอบการหาจุดศูนย์กลางของดวงตา.....	37
6.4. การทดสอบกับผู้ใช้งานจริง	43
6.5. การทดสอบภายใต้ความสูงที่ผู้ใช้งาน และภายใต้สิ่งแวดล้อมที่แตกต่าง	45
บทที่ 7 ข้อสรุป และข้อเสนอแนะ	49
7.1. ข้อสรุป	49
7.2. ข้อเสนอแนะ.....	50
รายการอ้างอิง	51
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	56



สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 ภาพรวมของระบบการรับรู้ภาพของคอมพิวเตอร์.....	8
รูปที่ 2-2 ลักษณะโครงภาพของทฤษฎีแบบฮาร์.....	8
รูปที่ 2-3 แก่นของรูปสี่เหลี่ยมสีดำ และสี่เหลี่ยมสีขาวของกระบวนการแบบฮาร์.....	9
รูปที่ 2-4 ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ผังซ้าย และผังขวาของแก่นรูปสี่เหลี่ยม.....	9
รูปที่ 2-5 วิธีการแบ่งในกระบวนการแบบฮาร์.....	9
รูปที่ 2-6 กระบวนการวิธีตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยกระบวนการวิธีแบบฮาร์.....	10
รูปที่ 2-7 วิธีการแบบฮาร์ที่ตรวจจับดวงตาทั้งสองข้าง.....	10
รูปที่ 2-8 วิธีการแบบฮาร์ที่ตรวจจับดวงตาเพียงข้างเดียว.....	11
รูปที่ 3-1 พื้นฐานของแก่นองค์ประกอบหลักในพื้นที่ และมีมิติที่สูงกว่า โดยสังเกตที่ลูกศรคือ พื้นที่ไม่เป็นเชิงเส้น.....	15
รูปที่ 3-2 กระบวนการที่กระทำในพจนานุกรมหลัก.....	16
รูปที่ 3-3 กระบวนการที่กระทำในพจนานุกรมรอง.....	16
รูปที่ 3-4 ภาพต้นฉบับที่ผ่านกระบวนการต่างๆ.....	19
รูปที่ 3-5 (A) ภาพต้นฉบับ (B) ภาพที่ผ่านสัญญาณรบกวน (C) ภาพที่ผ่านการเบลอ (D) ภาพที่ทำให้ไม่ให้เบลอ (E) ภาพที่ผ่านการทำให้ไม่เบลอ และทำให้ขอบภาพชัดขึ้น.....	22
รูปที่ 4-1 ผลลัพธ์หลังจากการหาค่าไอโซโทป และการหาค่าของจุดศูนย์กลาง (A) ภาพต้นฉบับ (B) ภาพเวกเตอร์ที่ชี้จากจุดศูนย์กลางโดยผ่านกระบวนการ การหาค่าไอโซโทป และค่าจุดศูนย์กลางจากการประมาณ.....	24
รูปที่ 4-2 ผลลัพธ์หลังจากการหาค่าความโค้ง และจุดศูนย์กลางของดวงตาข้างเดียว.....	24
รูปที่ 4-3 ผลลัพธ์หลังจากการหาค่าความโค้ง และจุดศูนย์กลางของดวงตาทั้งสองข้าง.....	25
รูปที่ 4-4 การขยายกว้าง และ การกัดเซาะภาพดวงตา.....	26
รูปที่ 4-5 ระยะห่างระหว่างดวงตาทั้งสอง.....	26
รูปที่ 4-6 ระยะการกระพริบตาของขอบตาบน และล่าง.....	26
รูปที่ 5-1 การหาจุดศูนย์ระหว่างดวงตาทั้งสองเพื่อ รอกการฉายไปยังฉาก.....	27
รูปที่ 5-2 การฉายจุดเวกเตอร์ไปยังฉากโดยที่เป็นการหาจุดศูนย์กลางระหว่างดวงตาทั้งสอง.....	27
รูปที่ 5-3 แผนผังแบบย่อของโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้น.....	28

รูปที่ 6-1 (A) การวาดระยะลงในโพลีโพรพิลีนบอร์ดโดยกำหนดให้ระยะคือ 10 เซนติเมตร (B) ผู้ใช้งานนั่งโดยใช้ฉากที่จัดทำขึ้น	29
รูปที่ 6-2 (A) การวัดแสงที่หน้ากล้องโดยใช้เครื่องวัดแสง (B) การวัดแสงที่ระยะต่างๆ.....	30
รูปที่ 6-3 ฉากหลังแบบโพลีโพรพิลีนบอร์ดโดยกำหนดให้มีมุมการเอียงแบบเอียง	30
รูปที่ 6-4 โปรแกรมที่ใช้บันทึกวีดิทัศน์.....	31
รูปที่ 6-5 การบันทึกค่าความถูกต้องเป็นเฟรมต่างๆ	32
รูปที่ 6-6 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ พร้อมกล้องที่ตั้งฉาก 90 องศา ที่ความสูงต่างๆ.....	32
รูปที่ 6-7 การทดสอบมุมของออยเลอร์ (Euler's angles) ในมุมแบบก้ม-เงย.....	32
รูปที่ 6-8 ฉากหลังคอมพิวเตอร์ที่ผู้ทดสอบใช้	33
รูปที่ 6-9 ภาพถนน (Access Road) ที่ใช้ทดสอบ	34
รูปที่ 6-10 ภาพดวงตาที่ใช้ทดสอบ.....	34
รูปที่ 6-11 ภาพผู้หญิง(Lena)ที่ใช้ทดสอบ	34
รูปที่ 6-12 ภาพลิง (Baboon) ที่ใช้ทดสอบ	35
รูปที่ 6-13 การเปรียบเทียบค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพ กับจำนวนการทำซ้ำของภาพถนน	35
รูปที่ 6-14 การเปรียบเทียบค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพ กับจำนวนการทำซ้ำของภาพดวงตา	36
รูปที่ 6-15 การเปรียบเทียบค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพ กับจำนวนการทำซ้ำของภาพผู้หญิง	36
รูปที่ 6-16 การเปรียบเทียบค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพกับจำนวนการทำซ้ำของภาพลิง	37
รูปที่ 6-17 แสดงค่าความไวต่อระยะระหว่าง 30 ถึง 100 เซนติเมตร	38
รูปที่ 6-18 การตรวจจับดวงตา และจุดศูนย์กลางของดวงตาโดยใบหน้ามีลักษณะตั้งตรง	38
รูปที่ 6-19 การตรวจจับดวงตา และจุดศูนย์กลางของดวงตาโดยใบหน้ามีลักษณะเอียงทำมุมแบบเอียงที่ 5 องศา ในเวลากลางคืน.....	39
รูปที่ 6-20 แสดงค่าความไวต่อใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะเอียงทำมุมแบบเอียงระหว่าง -15 องศา ถึง 15 องศา โดยมีระยะระหว่าง 50 ถึง 80 เซนติเมตร ในเวลากลางคืน	39
รูปที่ 6-21 แสดงค่าความไวต่อใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะเอียงทำมุมแบบก้ม-เงยระหว่าง -15 องศา ถึง 15 องศา โดยมีระยะระหว่าง 50 ถึง 80 เซนติเมตร ในเวลากลางคืน.....	39
รูปที่ 6-22 แสดงค่าความไวต่อใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะเอียงทำมุมแบบเอียงระหว่าง -15 องศา ถึง 15 องศา โดยมีระยะระหว่าง 50 ถึง 60 เซนติเมตร ในเวลากลางวัน	40
รูปที่ 6-23 ค่าความไวต่อใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะเอียงทำมุมแบบก้ม-เงยระหว่าง -15 องศา ถึง 15 องศา โดยมีระยะระหว่าง 50 ถึง 60 เซนติเมตร ในเวลากลางวัน	40

รูปที่ 6-24 การทดสอบการคลิกซ้ายบนหน้าจอ ด้วยการกระพริบตาซ้าย เพื่อขยายไอคอน จอคอมพิวเตอร์	41
รูปที่ 6-25 ผลการทดสอบการคลิกซ้ายบนหน้าจอ ด้วยการกระพริบตาซ้าย เพื่อขยายไอคอน จอคอมพิวเตอร์	41
รูปที่ 6-26 ค่าความละเอียดที่ใช้บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ 1368 x768 จุดภาพ	42
รูปที่ 6-27 การทดสอบการใช้งานจริงที่ระยะ 60 เซนติเมตร ในเวลากลางวัน และกลางคืน.....	42
รูปที่ 6-28 ตัวอย่างแอปพลิเคชันเสริมที่สามารถใช้งานได้	44
รูปที่ 6-29 ระยะที่ก้มสูงจากศีรษะผู้ใช้งาน	45
รูปที่ 6-30 ค่าความไวที่ความสูงของก้มจากศีรษะผู้ใช้งานที่ระยะตั้งแต่ -15 ถึง 15 เซนติเมตร ...	45
รูปที่ 6-31 การทดสอบกับผู้ใช้งานจำนวน 6 คน โดยผู้ใช้งานอยู่ห่างจากคอมพิวเตอร์ 60 เซนติเมตร	47
รูปที่ 6-32 ค่าความไวในการใช้งานจริง (Performance Sensitivity:Percent) ของผู้ใช้งาน A ถึง F	47
รูปที่ 6-33 การทดสอบภาพเสมือนใบน้าคน	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์

ปัจจุบันกล้องประเภทเว็บแคม (Webcam) มีความจำเป็นในชีวิตประจำวันของมนุษย์ กล้องประเภทเว็บแคมสามารถถ่ายภาพหรือบันทึกวิดีโอได้ รวมทั้งราคาไม่แพง อย่างไรก็ตามปัญหาของกล้องประเภทเว็บแคมนั้นมีความละเอียดค่อนข้างต่ำ มีผลทำให้ภาพ วิดีทัศน์ และข้อมูลบางส่วนหายไป รวมทั้งภาพที่ได้มีความละเอียดต่ำ นำมาซึ่งกระบวนการวิจัยขยายภาพต่างๆ เช่น การแปลงสัญญาณภาพให้อยู่ในระบบดิจิทัล (Image Sampling and Quantization) การประมาณค่าสัญญาณภาพ (Image Interpolation) และกระบวนการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง (Super-Resolution) ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประยุกต์กระบวนการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง เพื่อขยายภาพดวงตา โดยกล้องเว็บแคมสามารถนำมาเขียนโปรแกรมประยุกต์บนคอมพิวเตอร์ (Application) เพื่อสั่งการทำงานคอมพิวเตอร์ โดยการทดสอบการใช้งานโปรแกรมที่สร้างขึ้นต้องสามารถประยุกต์ใช้งานกับผู้พิการทางแขน และผู้ใช้งานทั่วไป

ตัวอย่างกระบวนการวิจัยขยายภาพความละเอียดสูงแบบยวดยิ่งมีดังนี้ 1) ผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง (Bilateral Total Variation Based Super-Resolution) 2) วิธีแบบพจนานุกรมคู่ของความละเอียดสูงยวดยิ่ง (Dual-Dictionary Based Super-Resolution) 3) การวิเคราะห์แกนขององค์ประกอบหลักของความละเอียดสูงยวดยิ่ง (Kernel Principle Component Analysis Super-Resolution) จากกระบวนการของทั้งสามวิธีนั้นการขยายภาพความละเอียดสูงที่ลวดลายบนภาพต่างกัน เนื่องจากการขยายภาพความละเอียดสูงมีหลายวิธี และแต่ละวิธีมีคุณสมบัติแตกต่างกัน การวิเคราะห์หาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานกับภาพดวงตาที่มีความละเอียดต่ำ เพื่อวิเคราะห์กระบวนการวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งรวมทั้งข้อมูลลวดลายของภาพเพื่อขยายภาพดวงตา ปัญหาในการหาจุดศูนย์กลางของภาพดวงตาที่ขยายด้วยกระบวนการขยายภาพด้วยความละเอียดสูงยวดยิ่ง เนื่องมาจากกระบวนการดังกล่าวมีขั้นตอนที่ต้องใช้ความเข้มของแสง ดังนั้นแสงจึงเป็นองค์ประกอบหลักของการวิจัยด้วยวิธีการดังกล่าว ปัญหาเรื่องระยะทางซึ่งมีผลต่อการออกแบบให้ผู้ใช้งาน หรือผู้พิการให้สามารถควบคุมคอมพิวเตอร์โดยไม่ใช้มือ โดยกระบวนการสร้างคืนภาพแบบ สองมิติ เนื่องจากวิธีการในข้างต้นจำเป็นต้องสร้างเวกเตอร์ และการฉาย (Mapping) ไปยังจอคอมพิวเตอร์ ที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การสั่งการคอมพิวเตอร์ต้องประยุกต์ด้วยวิธีการหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมคอมพิวเตอร์ที่มากขึ้น

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอการออกแบบ และสร้างวิธีการตรวจจับใบหน้าและดวงตาเพื่อสั่งการคอมพิวเตอร์

1.1.1. การทบทวนบทประพันธ์

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ประยุกต์ 4 ทฤษฎี คือ วิธีการลักษณะแบบฮาร์ วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง วิธีการหาค่าความโค้ง วิธีการหาภาพรูปร่างดวงตา และการฉายไปยังจอคอมพิวเตอร์ โดยในหัวข้อที่ 1.1.1.1.-1.1.1.4. เป็นการทบทวนบทประพันธ์ของทฤษฎีทั้งหมด

1.1.1.1. วิธีการลักษณะแบบฮาร์

Viola และคณะ [1] [2] ได้เสนอวิธีการลักษณะแบบฮาร์ โดยแบ่งจำนวนจุดของรูปภาพเป็นหลักขาว และดำ หรือโครง (Framework) หลังจากนั้นได้นำเสนอวิธีการแบ่งแยกจำนวนจุดของรูปภาพออก และแบ่งแยกรูปภาพ (Cascade) โดยที่เป็นระบบเวลาจริง วมณี ศรีสุวรรณ และคณะ [3] ได้เสนอขั้นตอนวิธีในมอดูลการเห็นเพื่อตรวจหาใบหน้าคน โดยงานวิจัยชิ้นดังกล่าวนำวิธีการแบบฮาร์เพื่อตรวจสอบใบหน้าคนให้มีความแม่นยำมากขึ้นผ่านระบบสีแบบ HSV โดยเปรียบเทียบกับระบบสีแบบ RGB โดยผลลัพธ์มีความแม่นยำมากขึ้น แต่วิธีการดังกล่าวไม่ได้ประยุกต์ให้แสดงผลแบบเวลาจริง

1.1.1.2. วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง

วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงแบบยวดยิ่งเป็นวิธีการที่สร้างภาพความละเอียดสูงจากความละเอียดต่ำ โดยที่ภาพความละเอียดสูงสามารถสร้างได้จากกระบวนการแบบหลายภาพ (Multi-frame) หรือกระบวนการแบบภาพเดี่ยว (Single-frame) โดยวิทยานิพนธ์เล่มนี้วิจัยในเชิงของกระบวนการแบบหลายภาพ ซึ่งสามารถแบ่งย่อยเป็นอีก 3 วิธี เพื่อเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งต่อลวดลายของภาพ (Texture Image)

1.1.1.2.1. วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

กระบวนการขยายภาพความละเอียดสูงแบบยวดยิ่งแบบวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก โดยที่ Bernhard และคณะ [4] ได้เสนอวิธีขยายภาพ และพิสูจน์ทฤษฎีดังกล่าว เริ่มจากการพิสูจน์ทฤษฎีองค์ประกอบหลัก Takahiro และคณะ [5] รวมถึง Karl Ni และคณะ [6] ได้นำเสนอวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และพิสูจน์ทฤษฎีแบบแก่นของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Kernel Principal Analysis) โดยอธิบายเพิ่มถึงลวดลายของภาพที่มีผลต่อการใช้งานกระบวนการนี้

1.1.1.2.2. วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบพจนานุกรมคู่

Jian และคณะ [7] นำเสนอวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบพจนานุกรมคู่ อธิบายถึงหลักการของพจนานุกรมหลัก และพจนานุกรมรอง ซึ่งการทำงานดังกล่าว สามารถประยุกต์ใช้งานกับตัวกรองแบบลาปลาเซียน (Laplacian)

1.1.1.2.3. วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวมการแปรผันสองด้าน

งานวิจัยของ Sina และคณะ [8] อธิบายการทำงานของวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวมการแปรผันสองด้าน ซึ่งงานวิจัยชิ้นดังกล่าวได้ใช้ค่าสัญญาณสูงสุดต่ออัตราส่วนสัญญาณรบกวนเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพ

1.1.1.3. วิธีการหาค่าความโค้ง และวิธีการหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา

ในการตรวจจับเพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงตานั้นทฤษฎีของ Roberto และคณะ [9] ได้พิสูจน์จากการหาจุดศูนย์กลางของทรงกลม โดยมีแสงเป็นตัวแปรสำคัญในการทำงานของระบบดังกล่าว และได้ประยุกต์เพิ่มเติมเพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงตา งานวิจัยของ Liting และคณะ [10] ประยุกต์การหารูปร่างเส้นดวงตา รวมทั้งพิสูจน์การกระพริบตาของคน โดยที่การกระพริบตาของคนซึ่งได้บ่งชี้เรื่องความถี่ของการกระพริบตาในคน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

1.1.1.4. การฉายไปยังจอคอมพิวเตอร์

ในการฉายเวกเตอร์ไปยังจอคอมพิวเตอร์นั้นวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประยุกต์ทฤษฎีตรีโกณมิติ และเวกเตอร์เข้าด้วยกันเพื่อช่วยให้การประมาณค่าเมาส์บนจอคอมพิวเตอร์ โดยงานวิจัยของ R. Vera. Rodriguez และคณะ [11] ได้ทดสอบวิธีการรู้จำใบหน้าคนโดยแบ่งเป็นระยะสั้น ระยะกลาง ระยะยาว ซึ่งจากงานวิจัยของ Cheng-Yuan Ko และคณะ [12] ได้ทดสอบวิธีแบบฮาร์ที่ระยะกลาง (30 เซนติเมตร ถึง 150 เซนติเมตร) โดยเป็นการใช้กล้องประเภทสเตอริโอถ่ายภาพจากมุมซ้าย และมุมขวา เพื่อบ่งชี้ถึงระยะต่างๆ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ อ้างอิงระยะการใช้งานที่ระยะสั้น และระยะกลาง

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1. เสนอวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาโดยวิธีการแบบฮาร์

1.2.2. เสนอวิธีการขยายภาพหลังจากตรวจจับดวงตา โดยการเปรียบเทียบกับวิธีต่างๆ

1.2.2.1. ผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง

1.2.2.2. วิธีแบบพจนานุกรมคู่ของความละเอียดสูงยวดยิ่ง

1.2.2.3. การวิเคราะห์แกนขององค์ประกอบหลักของความละเอียดสูงยวดยิ่ง

1.2.3. เสนอวิธีการติดตามการเคลื่อนที่ของลูกตาโดยเพื่อสร้างคินภาพ 2 มิติ

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1. ออกแบบ และสร้างวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาเพื่อสั่งการคอมพิวเตอร์

โดยมีข้อกำหนด

- ระบบสามารถทำงานได้ในเชิงขนาน (Parallel Programming)
- ระบบสามารถเปรียบเทียบคุณภาพ (Peak Signal To Noise Ratio) ของภาพที่ลวดลายต่างๆ ได้ รวมทั้งขยายภาพที่ความละเอียดสูงได้
- ระบบใช้กล้องประเภทเว็บแคมเพียงหนึ่งตัว
- ระบบสามารถตรวจจับใบหน้า และดวงตาได้ที่ความแม่นยำอย่างต่ำที่ 90 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสามารถหาจุดศูนย์กลางของดวงตาได้
- ระบบสามารถฉายภาพไปยังจอคอมพิวเตอร์ และผู้ใช้งานสามารถควบคุมคอมพิวเตอร์ได้โดยการกระพริบตา

1.3.2. ใช้ระบบปฏิบัติการระบบวินโดวส์ 7 และโปรแกรมวิทัศน์สตูดิโอ (Visual Studio) ในการทำงาน

1.4. วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1. ศึกษาการสร้างโปรแกรมประเภท C++ รวมถึง C# ในเชิงขนาน

1.4.2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษา C++ และ C# สำหรับการใช้งานในการประมวลผลประเภทรูปภาพ

1.4.3. ศึกษาขั้นตอนวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์

1.4.4. ศึกษาขั้นตอนวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงวยดยั้ง

1.4.5. ศึกษาขั้นตอนวิธีการประยุกต์วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงวยดยั้งหลังจากผ่านขั้นตอนวิธีแบบฮาร์

1.4.6. ศึกษาขั้นตอนวิธีการหาจุดศูนย์กลางของดวงตาโดยใช้ความเข้มแสง รวมทั้งสามารถประยุกต์ด้วยวิธีการหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา เพื่อส่งการคอมพิวเตอร์

1.4.7. ศึกษาขั้นตอนวิธีการสร้างคินภาพสองมิติบนจอคอมพิวเตอร์

1.4.8. ออกแบบ และทดสอบขั้นตอนวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์ ทั้งในโปรแกรมแมทแลป (MATLAB) และโปรแกรมวิทัศน์สตูดิโอ (Visual Studio)

1.4.9. ออกแบบ และทดสอบขั้นตอนการขยายภาพความละเอียดสูงวยดยั้ง รวมทั้งโปรแกรมที่สร้างสามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพได้

1.4.10. ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมประยุกต์การหาจุดศูนย์กลางของดวงตาด้วยขั้นตอนวิธีการหาค่าความโค้ง และโปรแกรมประยุกต์ขั้นตอนวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์ ที่สามารถขยายภาพด้วยขั้นตอนการขยายภาพความละเอียดสูงวยดยั้ง แบบผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงวยดยั้ง

1.4.11. ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมการสร้างคินภาพสองมิติ โดยการประยุกต์การฉายไปยังจอคอมพิวเตอร์

1.4.12. ออกแบบ และทดสอบการส่งการคอมพิวเตอร์ผ่านการประยุกต์ ด้วยวิธีการกระพริบตา

1.4.13. ทดสอบการใช้งานกับผู้ใช้งานทั่วไป และผู้พิการทางแขน

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. ผู้ใช้งานทั่วไป และผู้พิการทางแขนสามารถใช้งานระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7 (Windows OS Version 7) ได้สะดวกขึ้น

1.5.2. ขั้นตอนวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับงานวิจัยอื่น ที่มีความต้องการพัฒนาระบบภาพที่มาจากกล้องเว็บแคมเพียงหนึ่งตัว ให้มีความสะดวกในการขยายภาพจากกล้องที่มีความละเอียดต่ำได้

1.5.3. ขั้นตอนวิธีการหาจุดศูนย์กลางของดวงตา โดยใช้ความเข้มแสง ด้วยวิธีการหาความโค้ง หากผู้วิจัยท่านอื่นนำทฤษฎีดังกล่าวไปประยุกต์การใช้งานการตรวจจับวัตถุในที่ที่บแสง

1.5.4. ขั้นตอนวิธีการฉายภาพสองมิติบนจอคอมพิวเตอร์ หากผู้วิจัยท่านอื่น นำทฤษฎีดังกล่าวไปประยุกต์การใช้งานเพื่อติดต่อสื่อสาร (Interface) กับคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีการแบบอื่น

1.5.5. ขั้นตอนวิธีการเขียนโปรแกรมในเชิงขนานโดยโครงสร้างโอเพนเอ็มพี (OPENMP) มีผลต่อการทำงานของระบบประมวลผลทำให้โปรแกรมที่สร้างขึ้นมีการประมวลผลที่รวดเร็ว ซึ่งหากมีผู้พัฒนานำโครงสร้างดังกล่าวไปใช้งานจะทำให้มีผลต่อความเร็วในการทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

1.5.6. ความรู้ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ได้ทั้งในเชิงการสร้างโปรแกรม และในเชิงการขยายภาพที่ความละเอียดสูง

1.6. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

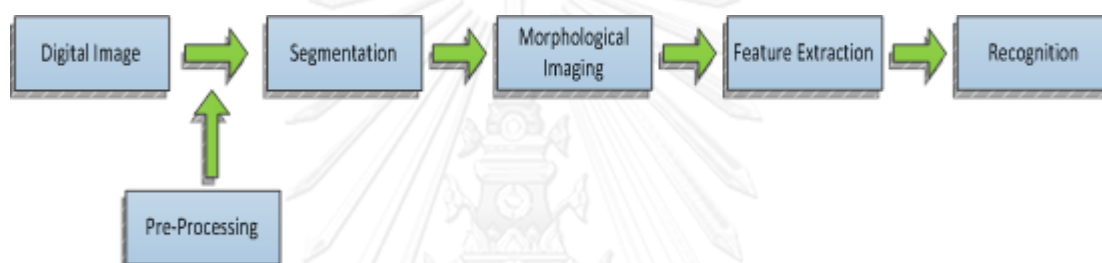
วิทยานิพนธ์เล่มนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 บท โดยบทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาโดยวิธีแบบฮาร์ ซึ่งประกอบด้วย การตรวจจับใบหน้า การตรวจจับดวงตา ดวงตาทั้งสองข้าง และการตรวจตาข้างเดียว บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง ซึ่งประกอบด้วย ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบวิเคราะห์แกนอนงค์ประกอบหลัก ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบพจนานุกรมคู่ ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง บทที่ 4 กล่าวถึง ทฤษฎีแบบประยุกต์ของการหาค่าความโค้งของดวงตา และทฤษฎีแบบประยุกต์การหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา บทที่ 5 กล่าวถึง การประยุกต์เวกเตอร์เพื่อการฉายลงบนจอคอมพิวเตอร์ บทที่ 6 กล่าวถึง วิธีการทดสอบ ผลการทดสอบ โปรแกรมที่ออกแบบ ทำได้ดีที่สุด บทที่ 7 กล่าวถึง ข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ทฤษฎีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาแบบฮาร์

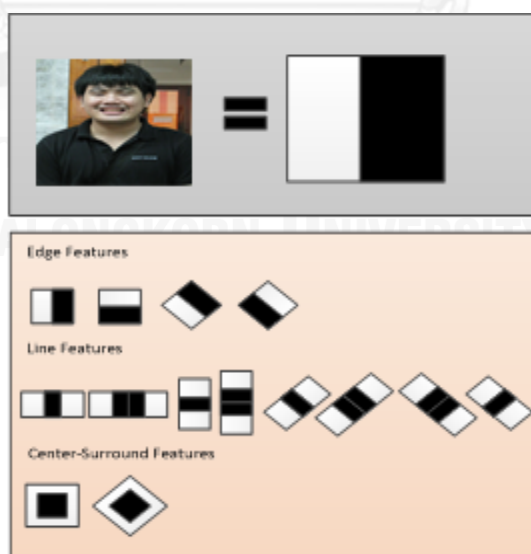
2.1. การตรวจจับใบหน้า

วิธีการแบบฮาร์จัดเป็นลักษณะ (Feature) ในเชิงการรับรู้ภาพของคอมพิวเตอร์โดยองค์รวมของระบบ ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษา C++ และ C# สำหรับการใช้งานในการประมวลผลประเภทรูปภาพ [13] ดังแสดงในรูปที่ 2-1 ซึ่งขั้นตอนแบบฮาร์อธิบายดังรูปที่ 2-2 ถึง 2-5 โดยในการตรวจจับใบหน้านั้น การนำฐานข้อมูลลักษณะใบหน้าที่มาใช้งานในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ทางผู้วิจัยได้นำฐานข้อมูลมาจากเอพีไอของเอกสารในโอเพนซีวี



รูปที่ 2-1 ภาพรวมของระบบการรับรู้ภาพของคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 2-1 ระบบการรับรู้ภาพของคอมพิวเตอร์นั้นประกอบไปด้วยส่วนต่างๆซึ่งงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ใช้ลักษณะคือ แบบฮาร์ เพื่อหาส่วนที่สนใจ (Region Of Interest: ROI) คือ ใบหน้าของมนุษย์



รูปที่ 2-2 ลักษณะโครงภาพของทฤษฎีแบบฮาร์

จากรูปที่ 2-2 อธิบายกระบวนการแบบฮาร์ โดยสมมติใบหน้าของคนมีค่าเท่ากับแก่นของรูปสี่เหลี่ยมขาว และดำ (Black-White Kernel) โดยในแก่นของรูปสี่เหลี่ยมขาว และดำประกอบไปด้วยลักษณะแบบขอบ (Edge Feature) ลักษณะแบบเส้น (Line Feature) และลักษณะจุดศูนย์กลางที่ถูกล้อม (Center-Surround Feature) โดยในกระบวนการในขั้นตอนนี้ถัดไปอธิบายดังรูปที่ 2-3

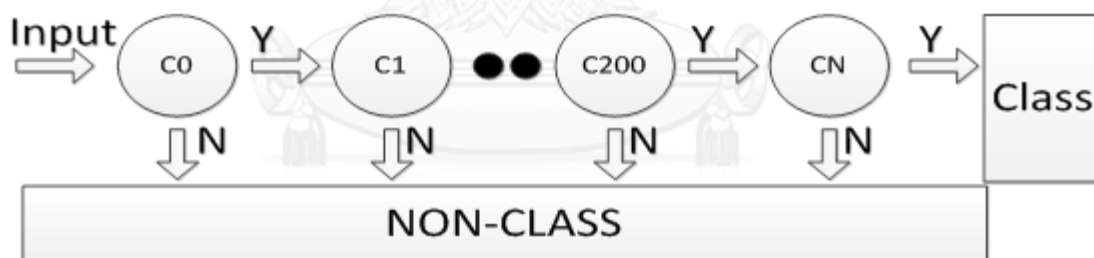


รูปที่ 2-3 แก่นของรูปสี่เหลี่ยมสีดำ และสี่เหลี่ยมสีขาวของกระบวนการแบบฮาร์

```
<threshold>4.0141958743333817e-003</threshold>
<left_val>0.0337941907346249</left_val>
<right_val>0.8378106951713562</right_val></_></_>
```

รูปที่ 2-4 ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ผังซ้าย และผังขวาของแก่นรูปสี่เหลี่ยม

รูปที่ 2-3 อธิบายถึงการหาขอบของลักษณะต่างๆ เพื่อที่หาค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ของภาพที่ทดสอบ รวมทั้งหาค่าผังซ้าย-ขวา (Left-Right Value) ของภาพนั้นๆ ด้วย เพื่อที่ติดตั้งในคลังสมุดของโปรแกรมวิทัศน์สตูดิโอ ดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-5 วิธีการแบ่งในกระบวนการแบบฮาร์

รูปที่ 2-5 อธิบายถึงการแบ่ง (Classify) ของภาพว่าถูกต้องหรือไม่ โดย I คือ อินพุทของค่าขีดเริ่มเปลี่ยน Y คือ หากค่าขีดเริ่มเปลี่ยนมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากัน โดยที่จะแบ่งต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถูกต้อง N คือกรณีที่ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนมีค่าไม่เท่ากัน หรือว่ามีค่าไม่ใกล้เคียงกัน โดยจัดว่ารูปภาพที่ผ่านกระบวนการการแบบฮาร์ไม่ใช่สิ่งที่ต้องการ

2.2 การตรวจจับดวงตา

Viola และคณะ [1] [2] เป็นการตรวจจับใบหน้า และวัตถุ จากงานวิจัยขึ้นดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถนำกระบวนการแบบฮาร์มาประยุกต์เพื่อตรวจจับดวงตา ดังรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 กระบวนการวิธีตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยกระบวนการวิธีแบบฮาร์

โดยจากรูปที่ 2-6 อธิบายการหาภาพ ใบหน้าของคน และกรอบเพื่อหาจุดสนใจ หลังจากนั้นเมื่อหาจุดสนใจได้แล้ว จึงหาดวงตาต่อไปด้วยวิธีแบบฮาร์ ข้อสังเกต วิธีกระบวนการแบบฮาร์สามารถตรวจจับดวงตาได้ แต่ภาพที่ได้มีความไม่ชัดเจน และเบลอ

2.2.1 การตรวจจับดวงตาทั้งสองข้างได้

การตรวจจับดวงตาทั้งสองข้าง โดยที่ดวงตาทั้งสองข้างสามารถหาได้หลังจากวิธีแบบฮาร์ ซึ่งการตรวจจับใบหน้าเพื่อหาจุดสนใจ ของใบหน้า และนำจุดสนใจของใบหน้ามาหาดวงตาทั้งสองข้างต่อไปดังผลลัพธ์รูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 วิธีการแบบฮาร์ที่ตรวจจับดวงตาทั้งสองข้าง

2.2.2. การตรวจจับดวงตาเพียงข้างเดียว

การตรวจจับดวงตาเพียงข้างเดียวนั้น เป็นการนำจุดสนใจของดวงตาทั้งสองข้าง เพื่อหาจุดสนใจของดวงตาข้างเดียว โดยใช้วิธีแบบฮาร์ ดังผลลัพธ์รูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 วิธีการแบบฮาร์ที่ตรวจจับดวงตาเพียงข้างเดียว

ในการตรวจจับดวงตาเพียงข้างเดียวเห็นว่าการกรอบภาพของดวงตาที่ได้นั้นยังไม่มีคมชัดเพียงพอ ภาพที่ได้จึงต้องไปผ่านกระบวนการวิชีขยายภาพให้มีความละเอียดสูง ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทที่ 3

บทที่ 3

ทฤษฎีขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง

เพื่อขยายภาพดวงตา จำเป็นต้องเลือกกระบวนการที่สามารถทำงานในกรณีที่ภาพนั้นมี ลวดลายในภาพต่ำ และค่าที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพ (Peak Signal to Noise Ratio:PSNR) [14] ของ ภาพนั้นต้องไม่ตกลงมาในกรณีที่มีการทำซ้ำที่มากขึ้น วิทยานิพนธ์เล่มนี้ อธิบาย 3 ขั้นตอนวิธี ของ วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบหลายภาพ (Multi-frame) ซึ่งประกอบไปด้วย ทฤษฎี การขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ทฤษฎีการขยายภาพความ ละเอียดสูงยวดยิ่งแบบพจนานุกรมคู่ และทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวม การแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง ดังจะกล่าวต่อในหัวข้อที่ 3.1-3.3

3.1. ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบการวิเคราะห์แกนองค์ประกอบหลัก

การขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบการวิเคราะห์แกนองค์ประกอบหลักนั้น จะ กล่าวถึงกระบวนการหาองค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis) [15] ในปริภูมิ ลักษณะ (Feature Space) โดยในขั้นต้นอธิบายถึงการหาค่าความแปรปรวนร่วมเกี่ยว (Covariance) ค่าลักษณะเฉพาะ (Eigen Value) และค่าเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (Eigen Vector) ดังสมการที่ (3-1) ไปจนถึงสมการที่ (3-3) กำหนดค่า M เป็นจุดศูนย์กลางของค่าที่ต้องการสังเกต โดยประกอบไปด้วย X_k และ X_j โดยที่ค่า k และ j มีค่าเท่ากับ 1 ไปจนถึง M โดยที่ค่า X_k และ X_j เป็นเมทริกซ์ จำนวนจริงใดๆ ผลรวม k และ j ตั้งแต่ 1 ไปจนถึง M ของ X_k และ X_j ต้องมีค่าเป็น 0 ซึ่งเป็น ค่าทแยงมุมของโควาเรียนเมทริกซ์ในพื้นที่แบบแกน(Kernel Space) และแบบเชิงเส้น(Linear Space)ตามลำดับ

$$X_k \in R^N, \sum_{k=1}^M X_k = 0 \quad (3-1)$$

$$C = \frac{1}{M} \left(\sum_{j=1}^M X_j X_j^T \right) \quad (3-2)$$

ค่า C จัดเป็นค่าโควาเรียนของสมการที่ (3-1)

$$\lambda v = Cv \quad (3-3)$$

โดยค่า λ เป็นค่าลักษณะเฉพาะ ซึ่งต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 และ v เป็นค่าเป็นเมทริกซ์จำนวนจริง โดยที่ หากนำสมการที่ (3-2) และสมการที่ (3-3) มารวมกันจะได้เป็นสมการที่ (3-4)

$$Cv = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (X_j v) X_j^T \quad (3-4)$$

โดยที่ค่า v ต้องตั้งอยู่ (Lie on) และแผ่ทั่วถึง (Span) ค่า X_1 ไปจนถึง X_M ใดๆ เห็นว่าสมการที่ (3-3) จะมีค่าเท่ากับ สมการที่ (3-5)

$$\lambda(X_k v) = (X_k C v) \quad (3-5)$$

จากสมการที่ (3-5) ค่า k สำหรับค่าตั้งแต่ 1 ไปจนถึง M ใดๆ โดยในการคำนวณผลคูณจุดของเมทริกซ์ (Dot Product Space) นั้น แทนด้วย F

โดย F มีความสัมพันธ์กับพื้นที่อินพุท (Input Space) ในการฉายไปยังความไม่เป็นเชิงเส้นนั้น จัดเป็นลักษณะพื้นที่ (Feature Space) การพิสูจน์เริ่มจากการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลตรงกลางดังสมการที่ (3-6)

$$\sum_{k=1}^M \phi(X_k) = 0 \quad (3-6)$$

เมื่อประยุกต์กับทฤษฎีในสมการที่ (3-2) ทำให้เกิดสมการที่ (3-7)

$$C = \frac{1}{M} \left(\sum_{j=1}^M \phi(X_j) \phi(X_j^T) \right) \quad (3-7)$$

โดยเมทริกซ์มีมิติหลายค่าที่มาก เข้าใกล้อนันต์ (possibly infinite) ในการหาค่าลักษณะเฉพาะ และเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะนั้น v มีการแผ่ทั่วถึง $\phi(X_1)$ ไปจนถึง $\phi(X_M)$ โดยการพิสูจน์ได้จากสมการที่ (3-8)

$$\lambda(\phi(X_k)v) = (\phi(X_k)Cv) \quad (3-8)$$

$$\text{โดยที่ } v \in R^N / \{0\}$$

จากสมการที่ (3-8) k มีค่าตั้งแต่ 1 ไปจนถึง M ดังสมการที่ (3-9)

$$v = \sum_{i=1}^M \alpha_i \phi(X_i) \quad (3-9)$$

จากสมการที่ (3-9) ค่าสัมประสิทธิ์ α_i คือ เวกเตอร์ในแนวตั้ง โดย i มีค่าตั้งแต่ 1 จนถึง M เมื่อนำสมการที่ (3-8) และ (3-9) มารวมประยุกต์รวมกัน ได้ผลลัพธ์ดังสมการที่ (3-10)

$$\lambda \sum_{i=1}^M \alpha_i (\phi(X_k)(\phi(X_i))) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \alpha_i (\phi(X_j)) \sum_{i=1}^M (\phi(X_j))(\phi(X_j)\phi(X_i)) \quad (3-10)$$

จากสมการที่ (3-10) k มีค่าตั้งแต่ 1 ไปจนถึง M โดยกำหนด $M \times M$ ของเมทริกซ์ k ดังสมการที่ (3-11)

$$K_{ij} = \phi(X_i)\phi(X_j) \quad (3-11)$$

จากสมการที่ (3-11) เมื่อนำไปแทนในสมการ (3-10) ได้ผลลัพธ์ดังสมการที่ (3-12)

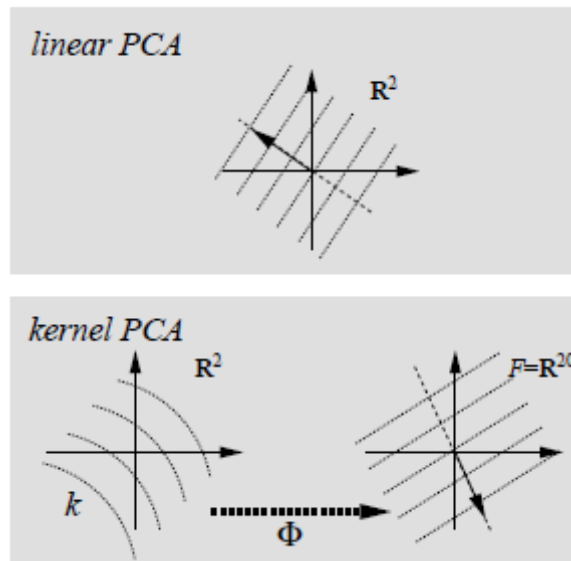
$$M\lambda\alpha = K\alpha \quad (3-12)$$

จากสมการที่ (3-12) เมื่อผ่านกระบวนการทำให้เป็นปกติ (Normalize) จะได้สมการที่ (3-13) เพื่อเป็นการพิสูจน์การสกัดค่าองค์ประกอบหลัก (Principal Component Extraction) วิทยานิพนธ์เล่มนี้กล่าวถึงการฉายไปยังเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ v^k ใน F ให้ค่า x เป็นจุดที่ทดสอบบนภาพ $\phi(x)$ ใน F ดังสมการที่ (3-14)

$$1 = \lambda_k (\alpha^k \alpha^k) \quad (3-13)$$

$$(v^k \phi(X)) = \sum_{i=1}^M \alpha_i^k (\phi(X_i)\phi(X)) \quad (3-14)$$

โดยในขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมด เป็นการหาค่าองค์ประกอบหลักไม่เป็นเชิงเส้น โดยในการหาค่าแกนองค์ประกอบหลักนั้น มาจากการพิสูจน์ องค์ประกอบหลัก โดยพิสูจน์ผลคูณจุดเมทริกซ์ k ตามสมการที่ (3-12) แล้วจึงพิสูจน์หาแกนขององค์ประกอบหลักดังนี้



รูปที่ 3-1 พื้นฐานของแกนองค์ประกอบหลักในพื้นที่ และมิติที่สูงกว่า โดยสังเกตที่ลูกศรคือ พื้นที่
ไม่เป็นเชิงเส้น

รูปที่ 3-1 อธิบายได้ดังสมการที่ (3-12) เป็นการพิสูจน์การผลคูณจุดของเมทริกซ์ K และสมการที่ (3-13) ซึ่งเป็นการนำค่าที่ผ่านการทำให้เป็นปกติ มาขยายตัวของเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของตัวร่วมในรูปของ α^n ดังสมการที่ (3-15) และสมการที่ (3-16)

$$K_{ij} = (k(X_i)(X_j))_{ij} \quad (3-15)$$

$$1 = \lambda_n (\alpha^n \alpha^n) \quad (3-16)$$

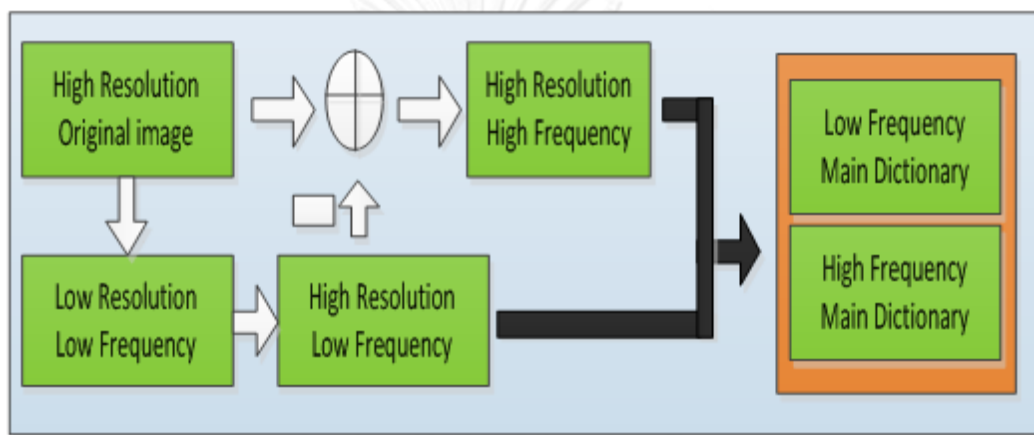
โดยย่อสมการทั้งหมดลง เพื่อที่จะหาจุดทดสอบ X ใดๆนั้น มาจากพิสูจน์การฉายลงบนเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ ดังสมการ (3-17)

$$(kPC)_n(X) = (v^n \phi(X)) = \sum_{i=1}^M \alpha_i^n k(X_i, X) \quad (3-17)$$

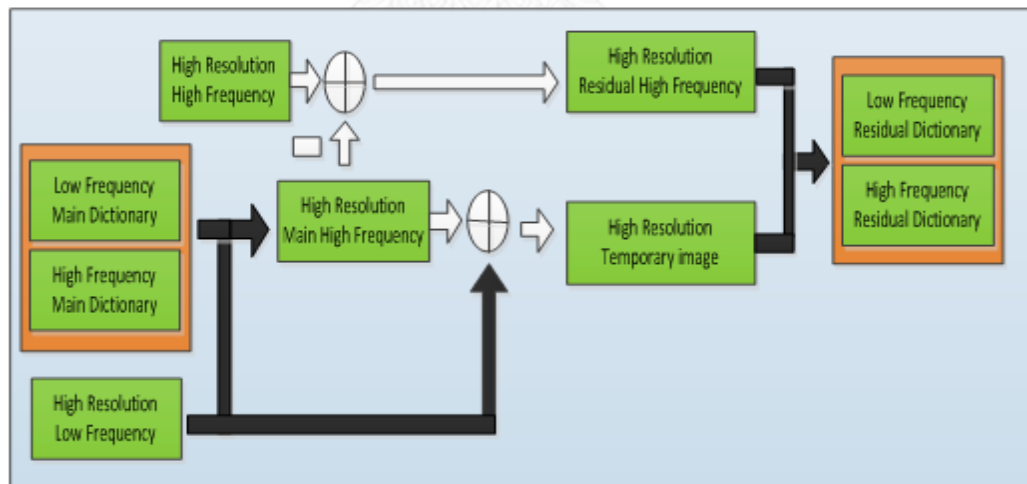
กรณีที่ผู้วิจัยนำไปใช้งานด้วยวิธีที่อธิบายในข้างต้นจะมีผลคือในกรณีที่ การหาองค์ประกอบหลักซึ่งมีหลายมิติจะทำให้มีการใช้ทรัพยากรที่เปลืองของคอมพิวเตอร์ในระบบประมวลผลได้ โดยวิธีการในการเพิ่มความเร็วในการทำงานอ้างอิงจากงานวิจัยของ Bernhard และคณะ [4] รวมถึง Takahiro และคณะ [5]

3.2. ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงด้วยแบบพจนานุกรมคู่

ซึ่งวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงด้วย โดยที่วิธีการแบบพจนานุกรมนั้นสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายวิธี เช่น แบ่งกลุ่มแบบเค-มีน (K-mean Cluster) ปรับเขตการเรียนรู้พจนานุกรม (Domain Adaptive Dictionary Learning) และ ความทนทานแบบหลายรูปแบบของการเรียนรู้พจนานุกรม (Robust Multimodal Dictionary Learning) แต่ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นแบบพจนานุกรมคู่ ซึ่งวิธีการแบบพจนานุกรมคู่ นั้น ประกอบไปด้วยพจนานุกรมหลัก (Main Dictionary) และพจนานุกรมรอง (Residual Dictionary) ดังรูปที่ 3-2 และรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-2 กระบวนการที่กระทำในพจนานุกรมหลัก



รูปที่ 3-3 กระบวนการที่กระทำในพจนานุกรมรอง

กระบวนการพจนานุกรมหลักเริ่มจากนำภาพต้นฉบับที่ความละเอียดสูงมาผ่านกระบวนการโดยใช้ตัวกรอง ทำให้เป็นภาพความละเอียดต่ำ ประเภทความถี่ต่ำ (Low Resolution Image with Low Frequency) ซึ่งผ่านกระบวนการทำให้เบลอ (Blurred) และถูกลดแซมเปิลลง (Down Sampling) เมื่อผ่านกระบวนการประมาณค่าในช่วงแบบไบคิวบิก (Bicubic Interpolation) เกิดภาพความ

ละเอียดสูงประเภทความถี่ต่ำ (High Resolution Image with Low Frequency) เมื่อนำภาพต้นฉบับมาลบกับภาพความละเอียดสูง ประเภทความถี่ต่ำ ทำให้เกิดภาพความละเอียดสูง ประเภทความถี่สูง โดยเห็นว่ากระบวนการแบบพจนานุกรมคู่นั้น ข้อมูลภาพทั้งประเภทสองถูกเก็บในรูปแบบของ ภาพความถี่ต่ำ ของพจนานุกรมหลัก (Low frequency Main Dictionary:LMD) ดังสมการที่ (3-18) และภาพความถี่สูง ของพจนานุกรมหลัก (High Frequency Main Dictionary:HMD) ดังสมการที่ (3-19) ซึ่งในกระบวนการของพจนานุกรมรอนนำหลักการดังกล่าวไปใช้งานเช่นกันดังรูปที่ 3-3 ข้อสังเกตคือ กระบวนการต่างๆ มีความคล้ายคลึงกันอย่างมาก โดยภาพต้นฉบับที่ใช้ในกระบวนการพจนานุกรมหลัก เป็นภาพที่เกิดจากภาพความถี่ต่ำ ของพจนานุกรมหลัก และภาพความถี่สูง ของพจนานุกรมหลัก และเพิ่มกระบวนการหาภาพความละเอียดสูงแบบชั่วคราว (High Resolution Temporary Image) :ซึ่งมาจากกระบวนการนำภาพความละเอียดสูงที่เป็นความถี่ต่ำในขั้นตอนพจนานุกรมหลักมา บวกกับ ผลลัพธ์ที่เกิดจากภาพความถี่สูงของพจนานุกรมหลักอีกเช่นกัน

$$LMD, \{q^k\} = \underset{LMD, \{q^k\}}{\operatorname{argmin}} \sum_k \|p_i^k - LMD, q^k\|_2^2 \quad (3-18)$$

$$\text{โดยที่ } \|q^k\| \leq L \quad \forall k$$

โดยที่ k เป็นตัวแปรตามนियามของการฝึกพจนานุกรม ซึ่งเป็นเมทริกซ์แบบลำดับเต็ม (Full Rank Matrix)

$\{q^k\}$ เป็นการแทนค่าในเมทริกซ์มากเลขศูนย์ (Sparse Matrix)

p_i^k เป็นการฝึกข้อมูลที่มีความถี่ต่ำ p_h^k เป็นการฝึกข้อมูลที่มีความถี่สูง

$$HMD = \underset{HMD}{\operatorname{argmin}} \sum_k \|P_h - HMDQ\|_2^2 \quad (3-19)$$

จากสมการทั้งสองจัดเป็นการทำงานในพจนานุกรมหลัก (Main Dictionary) แต่วิธีการนี้อาจจะทำให้การประมวลผลช้าเนื่องจากค่าที่ใช้งานต้องนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเสมอ จากงานวิจัยของ Jian และคณะ [7] สรุปขั้นตอนพจนานุกรมคู่จัดเป็นการหาค่าการกรองแบบลาปลาเซียน โดยสรุปจากการเปลี่ยนแปลงค่า α และ λ คือ 0.7 และ 0.03 ตามลำดับ ในสมการที่ (3-25) ซึ่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานต่อจากหัวข้อถัดไปเรื่องทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง

3.3. ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง

วิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง แบ่งเป็นสามกระบวนการโดยที่กระบวนการที่ 3.3.1 คือกระบวนการเติมสัญญาณรบกวนและลดขนาดภาพ กระบวนการที่ 3.3.2 คือกระบวนการที่เบลอภาพ และทำให้ภาพไม่เบลอ และกระบวนการสุดท้ายคือกระบวนการที่ทำให้ขอบของภาพชัดเจนขึ้น

3.3.1. การเติมสัญญาณรบกวน และลดขนาดภาพ

กระบวนการเติมสัญญาณรบกวนนั้นเริ่มจากการนำภาพต้นฉบับซึ่งแทนด้วย

ฟังก์ชัน $X(x, y)$ ผ่านการเบลอของสภาพแวดล้อม (Atmosphere Blur) และผ่านการเบลอโดยกล้อง (Camera Blur) หลังจากกระบวนการทั้งสองวิธี งานวิจัยชิ้นนี้ นำภาพมาลดขนาดลง (Down-Sampling) ผลลัพธ์คือภาพที่ได้มีสัญญาณรบกวน เบลอ และมีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 3-4 โดยที่สมการหลัก คือ สมการที่ (3-20)

$$Y[m, n] = [H_{cam}(x, y) ** F(H_{atm}(x, y) ** X(x, y))] \downarrow + V[m, n] \quad (3-20)$$

**หมายถึง คอนโวลูชัน 2 มิติ (2 dimension convolution)

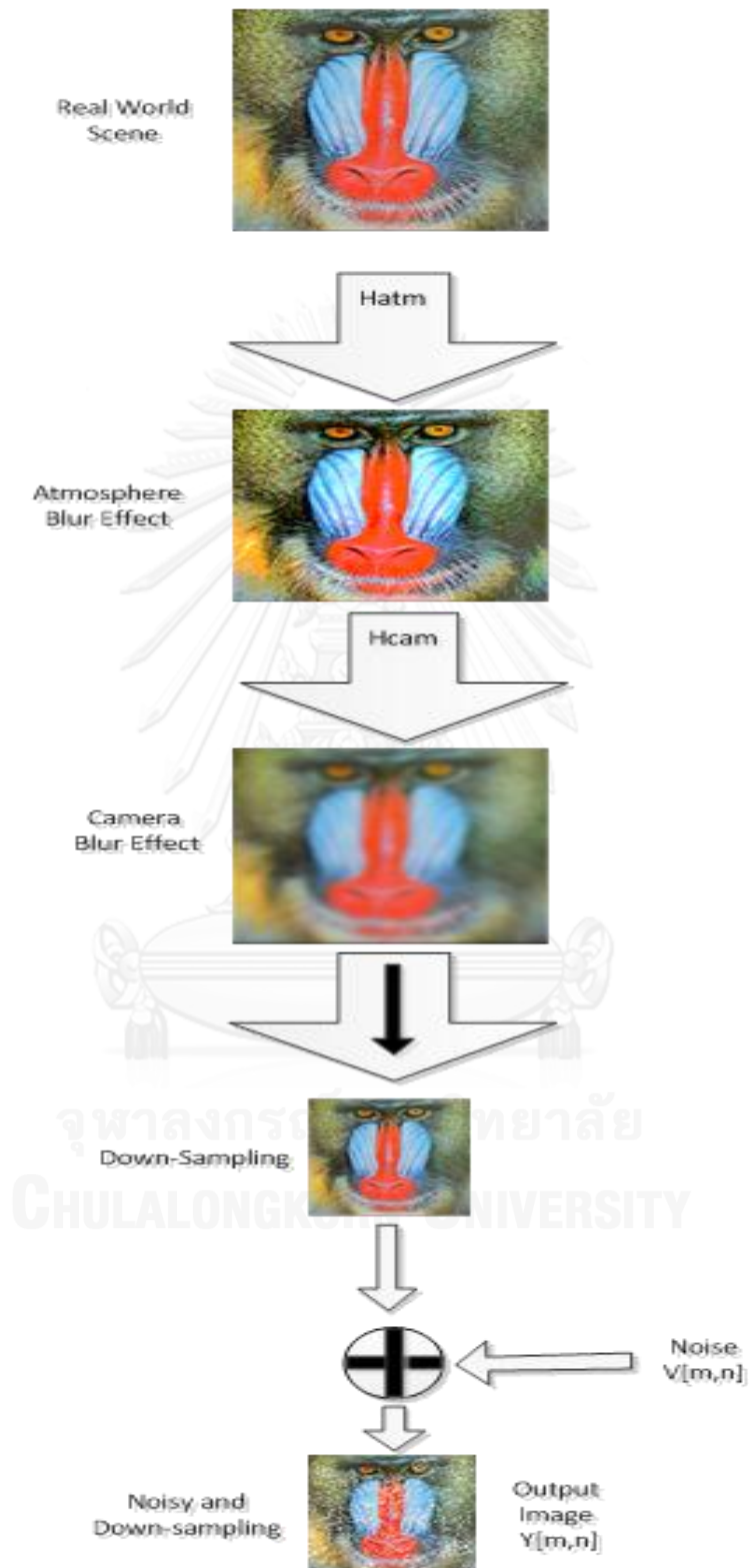
$Y[m, n]$ เป็นภาพที่ลดขนาดและเติมสัญญาณรบกวน (Degraded Image with noise)

$H_{atm}(x, y)$ เป็นภาพที่ผ่านการทำให้เบลอโดยสภาพแวดล้อม

$H_{cam}(x, y)$ เป็นภาพที่มาจากการเบลอโดยกล้อง

$V[m, n]$ เป็นสัญญาณรบกวน

$X(x, y)$ โดยเป็นการรับภาพมาจากกล้อง



รูปที่ 3-4 ภาพต้นฉบับที่ผ่านกระบวนการต่างๆ

3.3.2. การเบลอภาพ และการทำให้ภาพไม่เบลอ

การเบลอภาพมีกระบวนการกระทำรูปภาพให้เป็นภาพเบลอ ดังสมการที่ (3-21) เห็นว่า การทำให้ภาพไม่เบลอนั้นวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขออธิบายด้วย การประมาณความทนทาน (Robust Estimation) การประมาณค่าของภาพความละเอียดสูงไม่ขึ้นกับภาพความละเอียดต่ำ แต่จะมีผลของสัญญาณ หรือว่าสิ่งอื่นๆเช่น การเคลื่อนไหวของภาพที่นำมาแสดงดังสมการที่ (3-22)

$$Y_k = D_k H_k^{cam} F_k H_k^{atm} X + V_k \quad (3-21)$$

โดยที่ $k = 1, 2, \dots, N$

k เป็นจำนวนครั้งกระบวนการวิธีซึ่งมีค่าเป็นสเกลาร์ตั้งแต่ 1 ถึง N

Y_k เป็นภาพความละเอียดต่ำ

F_k เป็นการเคลื่อนไหวของเรขาคณิต

D_k เป็นการดำเนินการขีดค่า

X เป็นการรับภาพมาจากกล้อง

V_k เป็นสัญญาณรบกวน

$$\hat{x} = \underset{x}{\text{ArgMin}} \left[\sum_{k=1}^N \rho(Y_k, D_k H_k F_k X) \right] \quad (3-22)$$

โดยที่ ρ เป็นระยะห่างระหว่างสมการ $\sum_{k=1}^N \psi(Y_k, D_k H_k F_k X) = 0$ ซึ่งจากสมการนี้ต้องการให้ภาพไม่เบลอมีค่าเป็น 0

โดยที่ ψ เป็นเทอมของ การตัดแต่งเมทริกซ์ (Matrix Trimming) ตามนิยามของ สถิติความทนทาน (Robust Statistic)

$$\hat{X} = \underset{x}{\text{Argmin}} \left[\sum_{k=1}^N \left\| D_k H_k F_k X - Y_k \right\|_p^p \right] \quad (3-23)$$

โดยที่ \hat{X} เป็นภาพความละเอียดสูง

โดยที่ p เป็นตัวแปรการเพิ่มประสิทธิภาพ (LP Optimization) โดยมีค่าเป็น 1 ซึ่งจัดเป็นตัวกรองแบบค่ามัธยฐาน (Median Filter) กรณีมากกว่า 1 จัดเป็นผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง

$$\hat{z} = \underset{z}{\operatorname{Argmin}} \left[\sum_{k=1}^N \|DF_k Z - Y_k\|_p^p \right] \quad (3-24)$$

โดยที่ \hat{z} เป็นภาพเบลอที่ ในกรณี $H_k = H_k^{cam}$

โดยที่ z เป็นการนำภาพความละเอียดสูงไปเทียบกับภาพความละเอียดต่ำ

จากสมการที่ (3-23) และสมการที่ (3-24) แบ่งเป็น \hat{X} และ \hat{z}

ซึ่ง \hat{z} คือการหาภาพเบลอใน ความละเอียดสูงซึ่งมาจาก ความละเอียดต่ำ

และ \hat{X} คือการประมาณค่าของการทำให้ภาพไม่เบลอ (De-blur) ในขั้นตอนของสมการ \hat{z} วิธีการขยายภาพด้วยวิธี การขยายภาพความละเอียดสูงแบบผลรวมการแปรผันสองด้านนั้นทำให้ภาพมีความคมชัด และเหมาะสมกับการใช้งานกับดวงตาเนื่องจากดวงตามีรายละเอียดภายในรูปน้อย

3.3.3. การทำให้ขอบของภาพชัดเจนขึ้น

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถเพิ่มความคมชัดให้กับรูปได้หรือที่เรียกว่า การทำให้ขอบชัดขึ้น (Sharpen) ดังสมการที่ (3-25)

$$\hat{x}_{n+1} = \hat{x}_n - \beta \left\{ \sum_{k=1}^N F_k^T H_k^T D_k^T \text{sign}(D_k H_k F_k \hat{x}_n - Y_k) \right\} \quad (3-25)$$

$$+ \lambda \sum_{l=-p}^p \sum_{m=0}^p \alpha^{|m|+|l|} [I - s_y^{-m} s_x^{-l}] \text{sign}(\hat{x}_n - s_x^l s_y^m \hat{x}_n)$$

ในการดำเนินการ นั้นค่าเบต้า β นั้นเป็นค่าที่มีในพารามิเตอร์ซึ่งเป็น สเกลาร์ และถูกนิยามไว้ว่าเป็นการสลับเปลี่ยนเมทริกซ์ของ S_x^{-l} และ S_y^{-m} ในกรณีที่มีความสัมพันธ์ ระหว่างการเลื่อนนั้นผลของ ทรานสโพสเมตริกซ์นี้ค่าที่ได้ คือ S_x^l และ S_y^m โดย m และ l เป็นค่าสเกลาร์ โดยกรณีแทน m เป็น 1 โดยที่ l ต้องมีค่าเป็น 0 ซึ่งกรณี l เป็นการอนุพันธ์ของเทอมที่ทำให้เป็นปกติ (Regularization) ค่า λ มีค่าเป็น 0.009 ซึ่งจัดเป็นประเภทของ การขยายภาพความละเอียดสูงแบบ ผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง ซึ่งค่า α มีค่าเป็น 0.7 การทำให้เป็นปกติ (Regularization) มีผลคือได้เทอมสมการสำเร็จที่ประกอบไปด้วยการทำให้ขอบของชัดขึ้น ดังสมการ (3-26)

$$\hat{x} = \underset{x}{\text{ArgMin}} \left[\sum_{k=1}^N \|D_k H_k F_k X - Y_k\|_1 + \lambda \sum_{l=-p}^p \sum_{m=0}^p \alpha^{|m|+|l|} \|X - S_x^l S_y^m\|_1 \right] \quad (3-26)$$



รูปที่ 3-5 (A) ภาพต้นฉบับ (B) ภาพที่ผ่านสัญญาณรบกวน (C) ภาพที่ผ่านการเบลอ (D) ภาพที่ไม่ให้เบลอ (E) ภาพที่ผ่านการทำให้ไม่เบลอ และทำให้ขอบภาพชัดขึ้น

บทที่ 4

ทฤษฎีแบบประยุกต์ของการหาค่าความโค้งของดวงตา และทฤษฎีแบบ ประยุกต์ของการหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา

4.1. การหาจุดศูนย์กลางของดวงตาเพียงหนึ่งข้าง

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ใช้ทฤษฎีการหาค่าความโค้ง (Curvature) เพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงตา ซึ่งค่าดังกล่าวนี้เป็นการหานัยน์ตาดำโดยนำทฤษฎีไอโซโฟท (Isophote) แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปหาค่าจุดศูนย์กลางของนัยน์ตาดำโดยการโหวตของจุดศูนย์กลาง (Center Voting) ดังสมการที่ (4-1) ถึงสมการที่ (4-4)

$$Curvedness = \sqrt{L_{xx}^2 + 2L_{xy}^2 + L_{yy}^2} \quad (4-1)$$

$$D(x, y) = -\frac{\{L_x, L_y\}}{L_{vv}} = \frac{\{L_x, L_y\}}{L_w} \left(-\frac{L_w}{L_{vv}}\right) \quad (4-2)$$

$$\hat{w} = \frac{\{L_x, L_y\}}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \quad (4-3)$$

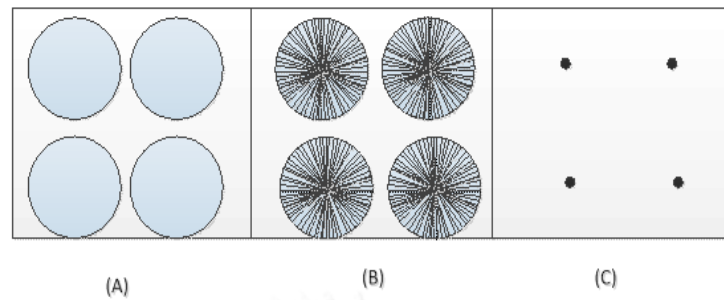
$$\hat{v} = \hat{w} \quad (4-4)$$

โดยที่ L_x เป็น อนุพันธ์อันดับหนึ่ง ของ $L(x, y)$ ซึ่งเป็น ฟังก์ชันความสว่าง ในมิติ x, y

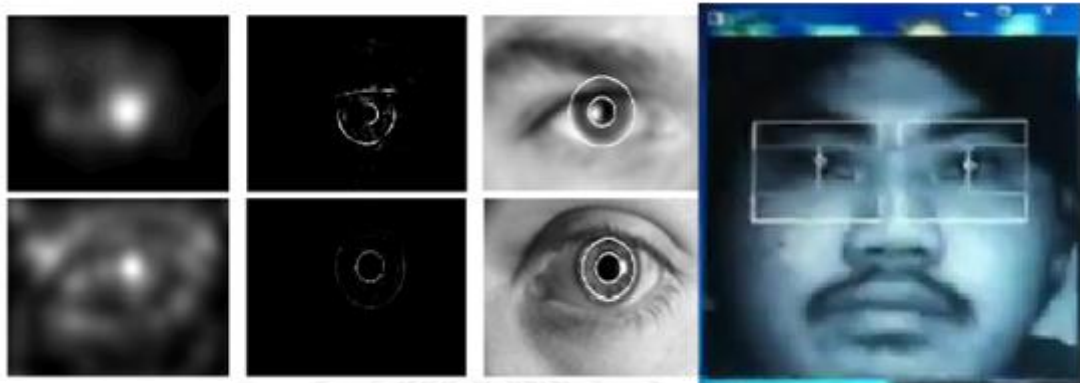
w เป็นทิศทางของเกรเดียนต์ ของรูป

v เป็น เกรเดียนต์ ตั้งฉาก

ระบบพิกัดนั้นค่าไอโซโฟทถูกนิยามด้วย $L(v, w(v))$ เป็นค่าคงที่ และการหาค่าความโค้ง คือ การสังเกตค่าเปลี่ยนแปลงของ w'' แทนเส้นสัมผัสเวกเตอร์ (Tangent Vector) w' ตัวแปร $D(x, y)$ เป็นการหาค่าจุดศูนย์กลางจากการประมาณค่าเวกเตอร์ขจัด (Displacement Vector) ดังรูปที่ 4-1 และ รูปที่ 4-2



รูปที่ 4-1 ผลลัพธ์หลังจากการหาค่าไอโซโฟท และการหาค่าของจุดศูนย์กลาง (A) ภาพต้นฉบับ (B) ภาพเวกเตอร์ที่ชี้จากจุดศูนย์กลางโดยผ่านกระบวนการ การหาค่าไอโซโฟท และค่าจุดศูนย์กลางจากการประมาณค่าของความจุกเวเตอร์ (C) จุดสีดำ ชี้ให้เห็นถึงศูนย์กลางของรูปวงกลม และวัตถุคล้ายวงกลม



รูปที่ 4-2 ผลลัพธ์หลังจากการหาค่าความโค้ง และจุดศูนย์กลางของดวงตาข้างเดียว

4.2. การหาจุดศูนย์กลางของดวงตาทั้งสองข้าง

ในการหาจุดศูนย์กลางของดวงตาทั้งสองข้างนั้น เริ่มจากการนำทฤษฎีแบบ ฮาร์ เพื่อตรวจจับดวงตาทั้งสองข้าง โดยเป็นวิธีการตรวจจับลักษณะที่คล้ายกันกับการตรวจจับดวงตาเพียงหนึ่งข้าง ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 ผลลัพธ์หลังจากการหาค่าความโค้ง และจุดศูนย์กลางของดวงตาทั้งสองข้าง

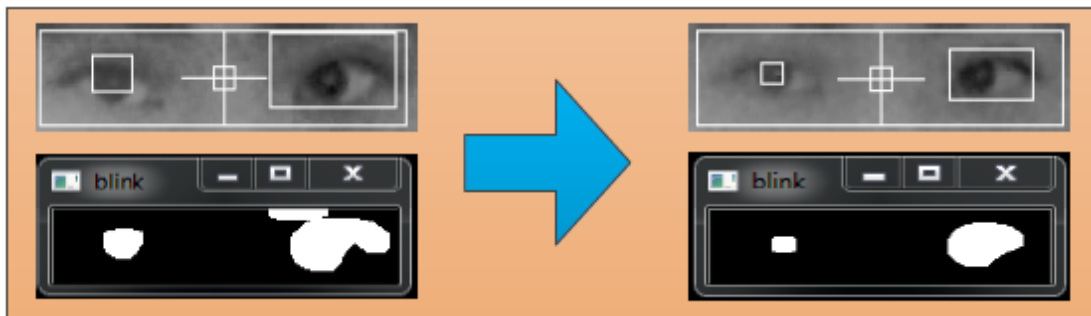
4.3. การประยุกต์การหาภาพรูปร่างเส้นดวงตา

เมื่อประยุกต์การตรวจจับดวงตาเพียงหนึ่งข้างร่วมกับ การตรวจจับดวงตาทั้งสองข้าง โดยการตรวจจับรูปร่างเส้นดวงตานั้น อธิบายโดยเป็นการตรวจจับเส้นรอบดวงตา และระยะห่างระหว่างดวงตาทั้งสอง ดังสมการที่ (4-3) และรูปที่ 4-4 ถึง-4-6

$$Dl = \frac{d_1}{d_e}, Dr = \frac{d_2}{d_e} \quad (4-3)$$

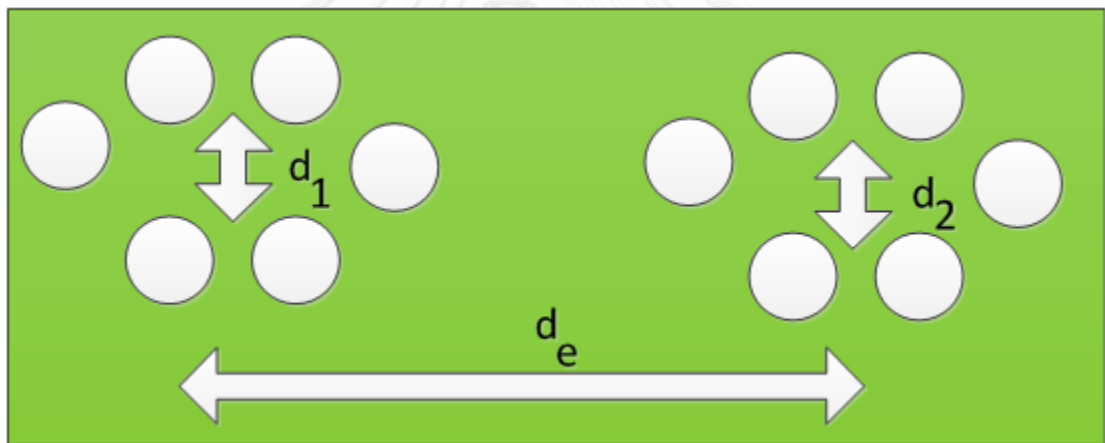
Dl เป็นค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของเส้นรูปร่างดวงตาข้างซ้าย Dr เป็นค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของดวงตาข้างขวา ซึ่งค่า d_1 และ d_2 เป็นระยะระหว่างขอบตาด้านบนกับด้านล่าง ซึ่งค่า d_e เป็นระยะห่างระหว่างดวงตาข้างซ้าย และขวา ซึ่งจากหัวข้อที่ 4.1. และหัวข้อที่ 4.2. ได้หาดวงตาทั้งสองข้าง หรือว่าข้างใดข้างหนึ่ง มีผลทำให้การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของเส้นรูปร่างดวงตาข้างซ้าย และข้างขวา ในข้างต้นสามารถทำได้โดยง่าย

การขยายกว้าง (Dilation) และ การกัดเซาะ (Erosion) [16]



รูปที่ 4-4 การขยายกว้าง และ การกัดเซาะภาพดวงตา

เพื่อให้ภาพดวงตามีความชัดเจนมากขึ้น จำเป็นต้องเพิ่มการตัดส่วนที่ภาพตรวจจับได้เกินออกมา และทำให้ภาพมีความกระชับมากขึ้น



รูปที่ 4-5 ระยะห่างระหว่างดวงตาทั้งสอง



รูปที่ 4-6 ระยะการกระพริบตาระหว่างขอบตาบน และล่าง

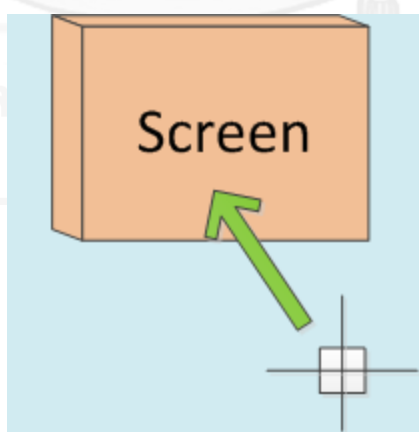
บทที่ 5

การประยุกต์เวกเตอร์เพื่อวาดภาพลงบนจอคอมพิวเตอร์

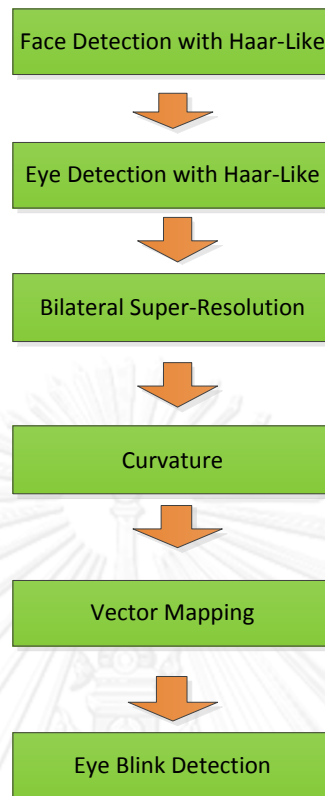
งานวิจัยนี้ตรวจจับจุดศูนย์กลางของดวงตาทั้งสองข้างดังรูปที่ 5-1 โดยจากรูปที่ 5-1 สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมที่มีเครื่องหมายบวก พร้อมทั้งจะถูกแทนด้วยพิกัดเมาส์ จากรูปที่ 5-2 การฉายจุดเวกเตอร์ไปยังฉากโดยที่เป็นการหาจุดศูนย์กลางระหว่างดวงตาทั้งสองข้าง เป็นการนำจุดศูนย์กลางที่ได้วางคำสั่งให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อแทนค่าด้วยเมาส์ ซึ่งเป็นจุดภาพบนจอคอมพิวเตอร์ จากรูปที่ 5-3 อธิบายถึงแผนผังแบบย่อกระบวนการวิธีขั้นตอนของโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 5-1 การหาจุดศูนย์กลางระหว่างดวงตาทั้งสองเพื่อ รอการฉายไปยังฉาก



รูปที่ 5-2 การฉายจุดเวกเตอร์ไปยังฉากโดยที่เป็นการหาจุดศูนย์กลางระหว่างดวงตาทั้งสอง



รูปที่ 5-3 แผนผังแบบย่อของโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้น

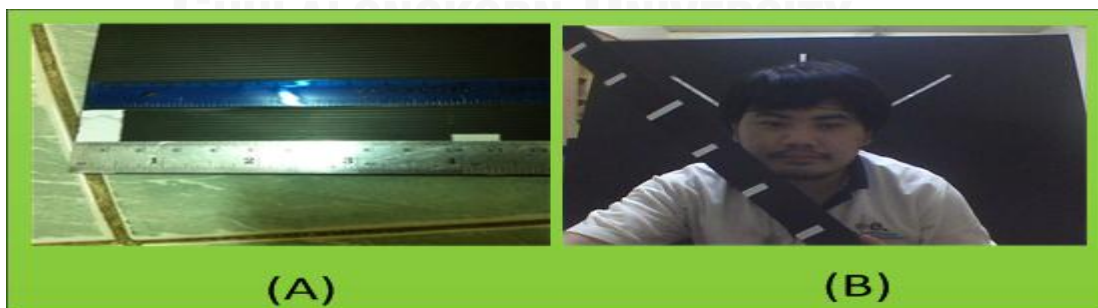
บทที่ 6

วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบ

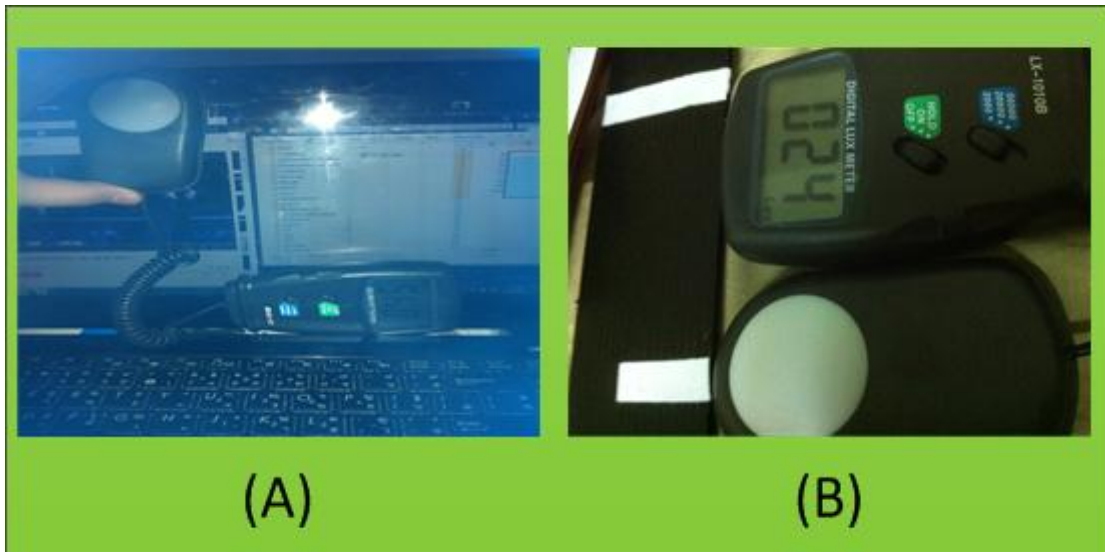
การทดสอบในวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นการทดสอบที่ ระยะกลางที่ (30-120 เซนติเมตร) โดยในการทดสอบด้วยวิธีดังกล่าวใช้ในการทดสอบหัวข้อที่ 6.1 และหัวข้อที่ 6.3

6.1. การทดสอบวิธีการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์

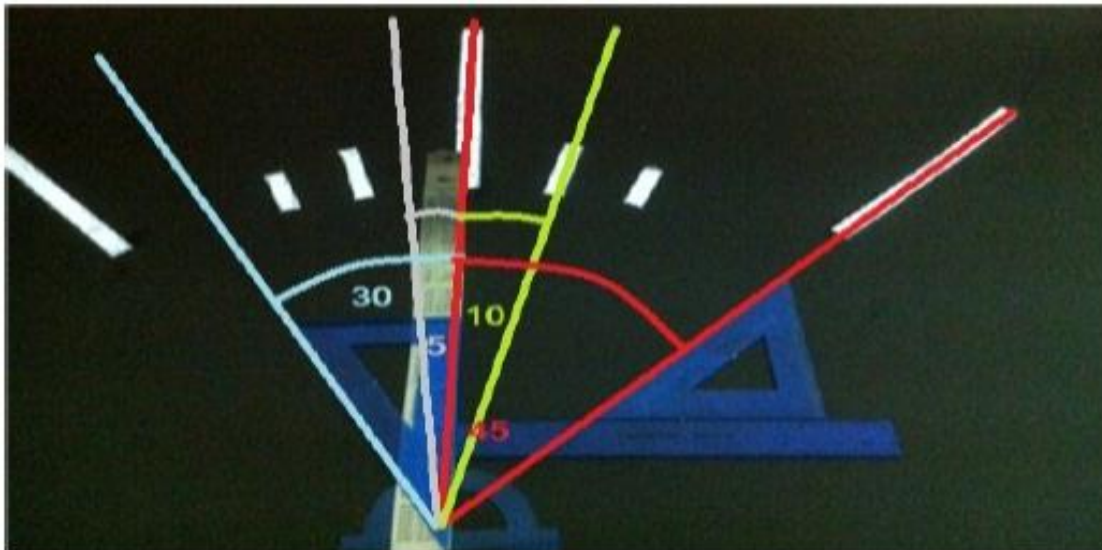
ในการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์ การทดสอบเริ่มจากการนำโพลีโพรพิลีนบอร์ด (Polypropylene board) นำมาประกอบ และวัดมุมต่างๆ เพื่อทดสอบการเอียงใบหน้าให้มีประสิทธิภาพต่อผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 6-1 การทดสอบระยะห่างระหว่างผู้ใช้งานกับกล้อง และหน้าจอคอมพิวเตอร์ นำโพลีโพรพิลีนบอร์ดมาวางระยะ และให้ผู้ใช้งานถอยไปที่ระยะต่างๆ เพื่อทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ การทดสอบองค์รวมของแสง นำอุปกรณ์วัดค่าความสว่างของแสงที่หน้ากล้อง และที่ผู้ใช้งาน เนื่องจาก แสงมีผลต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 6-2 ดังนั้นหลังจากที่วัดระยะทางรวมทั้งแสงที่ผ่านหน้ากล้องได้ ทำให้สามารถบ่งชี้องค์ประกอบของแสงได้ ขั้นตอนสุดท้ายบันทึกวีดิทัศน์การทดสอบ และตรวจจับ เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง ของโปรแกรมที่ออกแบบดังรูปที่ 6-4 และรูปที่ 6-5 การทดสอบแบ่งเป็นเวลากลางวัน และกลางคืน โดยในเวลากลางวัน จัดเป็นแสงสองแหล่ง และเวลากลางคืนจัดเป็นแสงแหล่งเดียว ซึ่งมีค่าความสว่าง (LUX) ในเวลากลางวันที่ผู้ใช้งาน คือ 40 ถึง 61 ลักซ์ และผ่านหน้ากล้องในเวลากลางวัน คือ 98 ถึง 112 ลักซ์ และค่าความสว่างในเวลากลางคืนที่ผู้ใช้งาน คือ 61 ถึง 69 ลักซ์ และผ่านหน้ากล้องในเวลากลางวัน คือ 42 ถึง 46 ลักซ์ โดยการทดสอบเป็นห้องปิดขนาด 62.5 ลูกบาศก์เมตร และกล้องมีความละเอียด 30000 จุดภาพคอมพิวเตอร์มีความเร็ว 2.1 จิกะเฮิร์ตซ์ โดยเป็นแบบ 3 หน่วยประมวลผลกลาง และหน่วยความจำเข้าถึงโดยสุ่มมีค่า 2 กิกะไบต์ และใช้ระบบปฏิบัติการแบบวินโดวส์ 7 แบบ 32 บิต



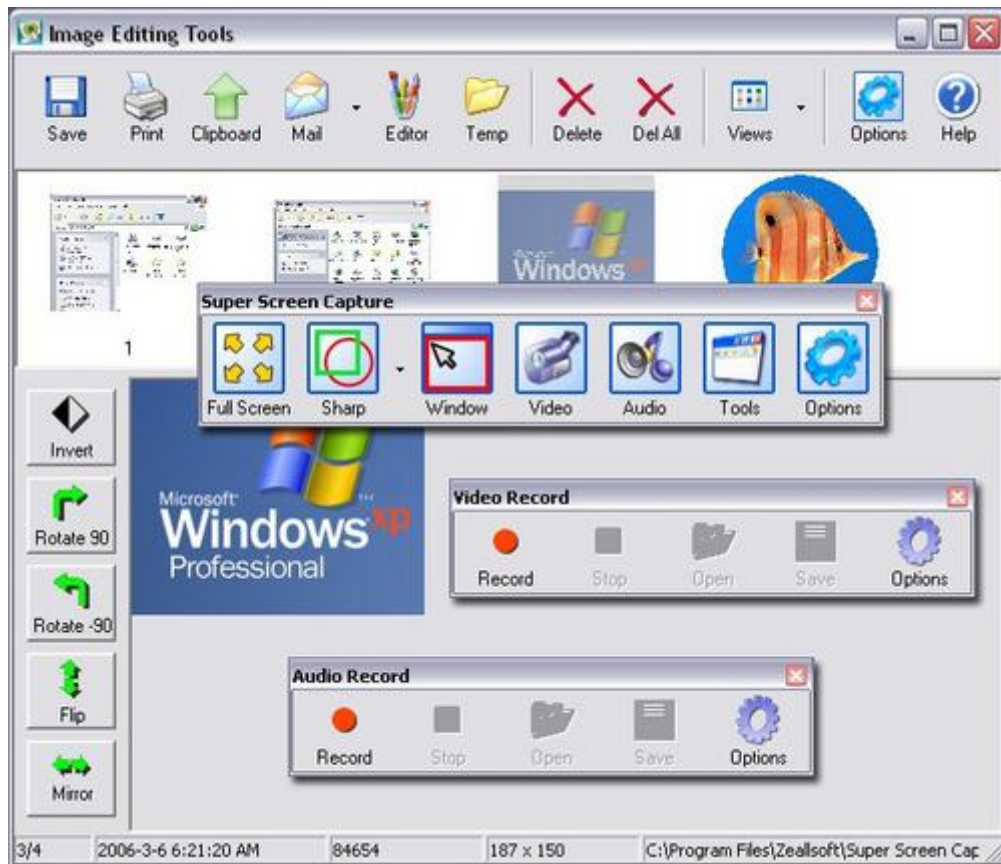
รูปที่ 6-1 (A) การวางระยะลงในโพลีโพรพิลีนบอร์ดโดยกำหนดให้ระยะคือ 10 เซนติเมตร (B) ผู้ใช้งานนั่งโดยใช้อุปกรณ์ที่จัดทำขึ้น



รูปที่ 6-2 (A) การวัดแสงที่หน้ากล้องโดยใช้เครื่องวัดแสง (B) การวัดแสงที่ระยะต่างๆ



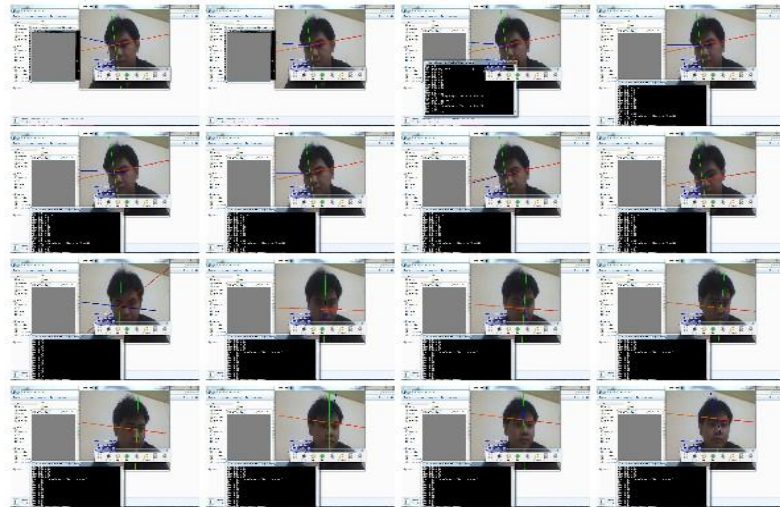
รูปที่ 6-3 ฉากหลังแบบโพลีโพรพิลีนบอร์ดโดยกำหนดให้มีมุมการเอียง



รูปที่ 6-4 โปรแกรมที่ใช้บันทึกวีดิทัศน์

จากรูปที่ 6-2 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ โดยเป็นการวัดค่าความสว่างของแสงที่ระยะต่างๆ และการวัดค่าความสว่างของแสงที่ผ่านหน้ากล้องคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 6-4 โปรแกรมที่ใช้บันทึกวีดิทัศน์ ที่สามารถแยกไฟล์วีดิทัศน์เป็นจำนวนเฟรมได้ รวมทั้งสามารถบันทึกวีดิทัศน์ได้ทั้งจอคอมพิวเตอร์ และที่กำหนดได้ ในงานวิจัยชิ้นนี้บันทึกวีดิทัศน์ จำนวน 500 เฟรมเป็นเวลา 1 นาที

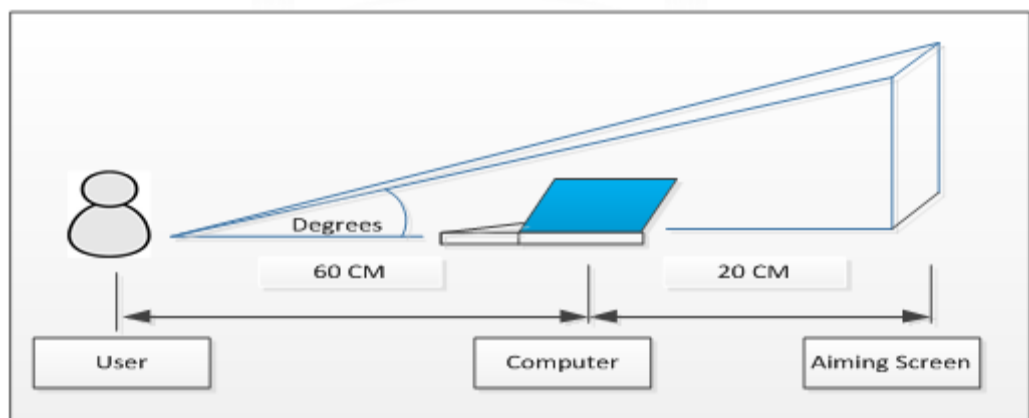


รูปที่ 6-5 การบันทึกค่าความถูกต้องเป็นเฟรมต่างๆ

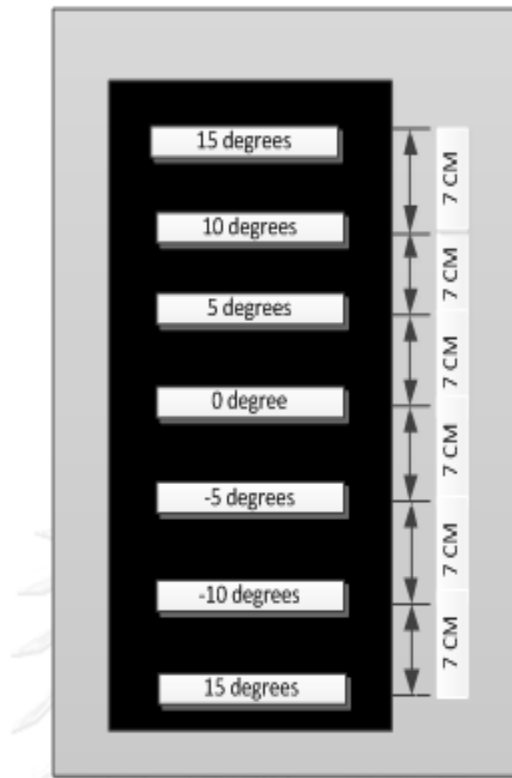
จากรูปที่ 6-5 เป็นการนำภาพที่บันทึกมาวิเคราะห์เฟรมต่างๆ ซึ่งในการวิเคราะห์ค่าความถูกต้อง เพื่อหาค่าอัตราส่วนของจำนวนเฟรมที่ถูกต้องในการตรวจจับ ต่อจำนวนเฟรมทั้งหมด



รูปที่ 6-6 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ พร้อมกล่องที่ตั้งฉาก 90 องศา ที่ความสูงต่างๆ



รูปที่ 6-7 การทดสอบมุมของออยเลอร์ (Euler's angles) ในมุมแบบก้ม-เงย



รูปที่ 6-8 ฉากหลังคอมพิวเตอร์ที่ผู้ทดสอบใช้

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการเอียงใบหน้าของมนุษย์ตามมุมแบบออยเลอร์ ซึ่งมีมุมที่ทดสอบ คือ มุมก้ม-เงย และเอียงเพราะในมุมแบบกวาด เป็นการเคลื่อนที่ไม่เป็นธรรมชาติของใบหน้ามนุษย์ จากรูปที่ 6-1 และ 6-3 เป็นการทดสอบมุมแบบเอียง จากรูปที่ 6-7 และ 6-8 เป็นการทดสอบมุมแบบก้ม-เงย

6.2. การทดสอบวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง

การทดสอบวิธีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่ง เป็นการนำภาพที่มีลวดลายที่น้อยมาก คือ ภาพถนน (Access Road) [17] ดังรูปที่ 6-9 ภาพที่ลวดลายน้อย คือ ภาพดวงตา (Eye) ดังรูปที่ 6-10 ภาพที่ลวดลายปานกลาง คือ ภาพผู้หญิง (Lena) ดังรูปที่ 6-11 และภาพที่ลวดลายมาก คือ ภาพลิง (Baboon) ดังรูปที่ 6-12 นำมาเปรียบเทียบโดยเทียบกับค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพ (PSNR) กับจำนวนการทำซ้ำ (Iterations) ของวิธีการนั้นๆ ดังผลการทดลองรูปที่ 6-13 ถึง 6-16



รูปที่ 6-9 ภาพถนน (Access Road) ที่ใช้ทดสอบ



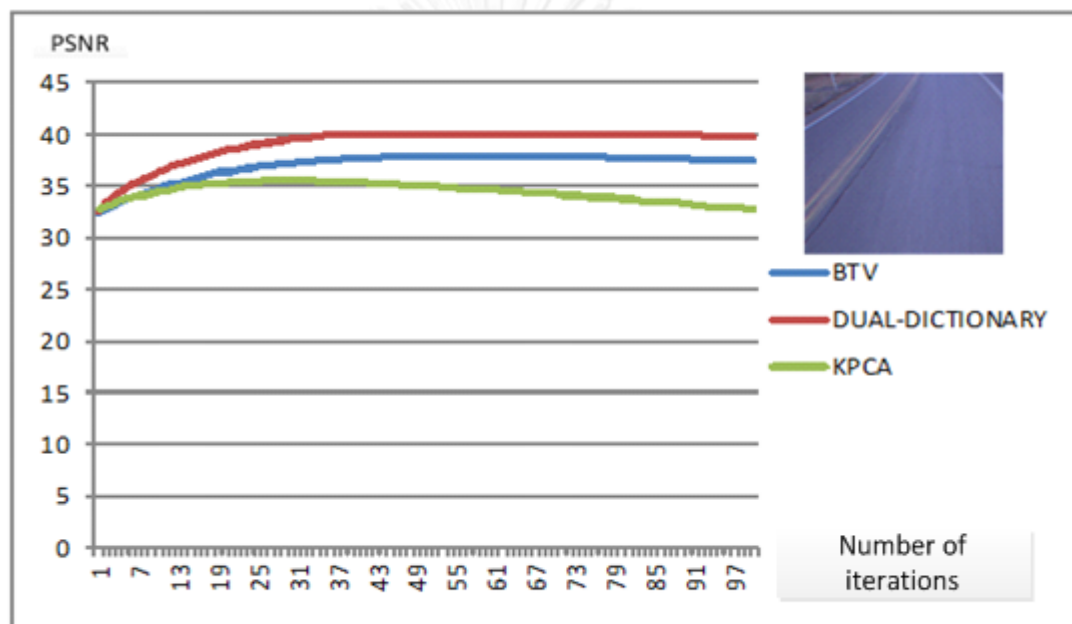
รูปที่ 6-10 ภาพดวงตาที่ใช้ทดสอบ



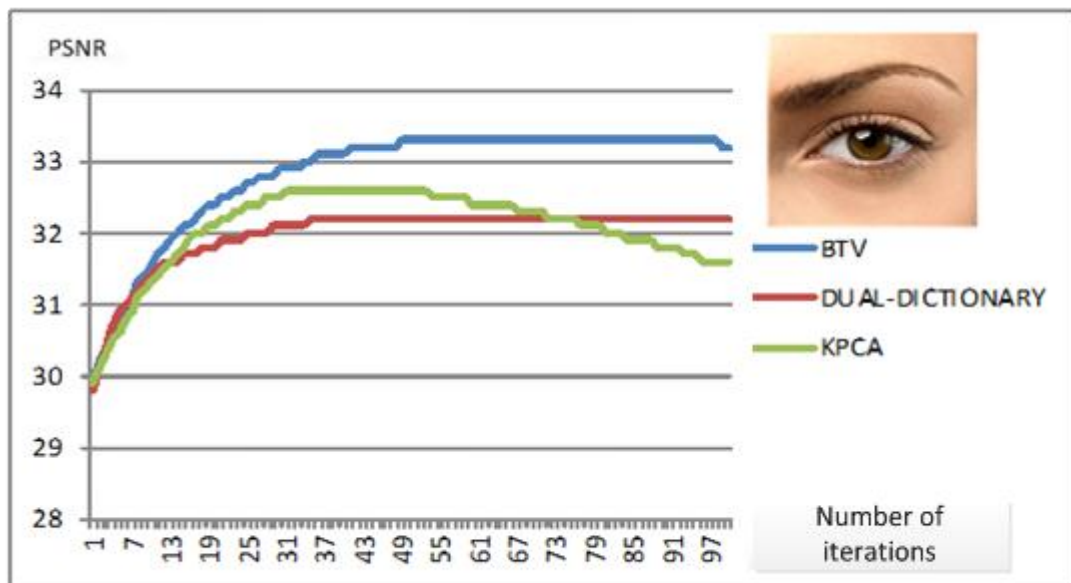
รูปที่ 6-11 ภาพผู้หญิง (Lena) ที่ใช้ทดสอบ



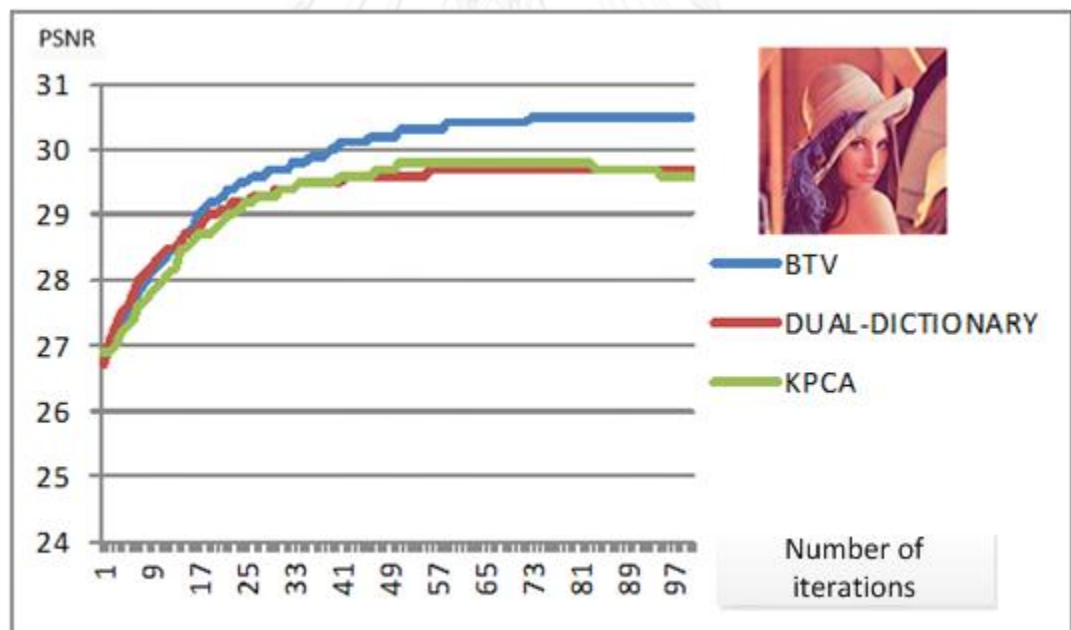
รูปที่ 6-12 ภาพลิง (Baboon) ที่ใช้ทดสอบ



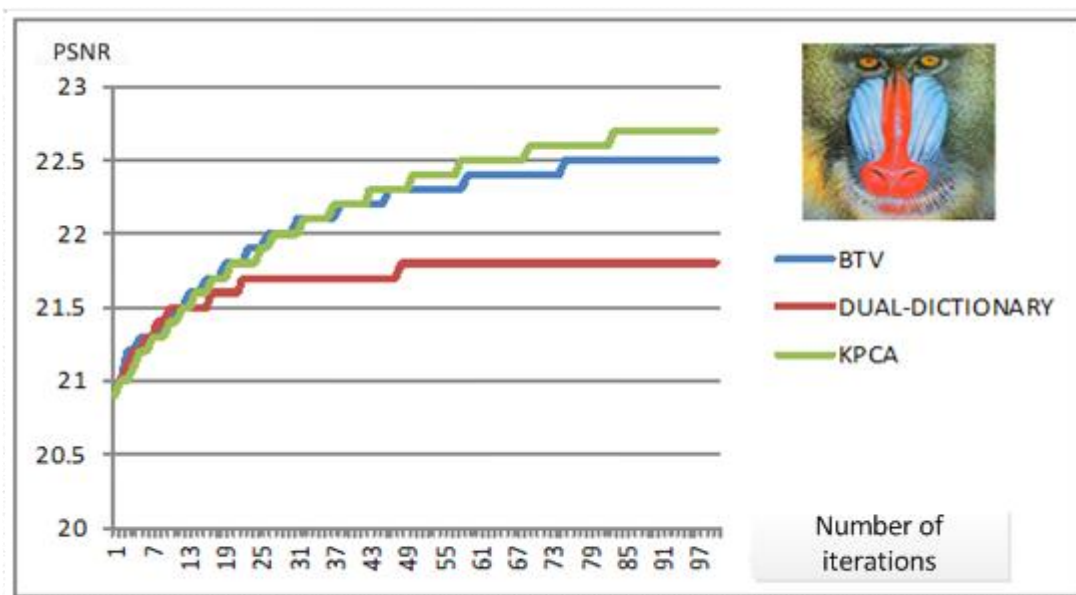
รูปที่ 6-13 การเปรียบเทียบค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพ กับจำนวนการทำซ้ำของภาพถนน



รูปที่ 6-14 การเปรียบเทียบค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพ กับจำนวนการทำซ้ำของภาพดวงตา



รูปที่ 6-15 การเปรียบเทียบค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพ กับจำนวนการทำซ้ำของภาพผู้หญิง



รูปที่ 6-16 การเปรียบเทียบค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพของภาพกับจำนวนการทำซ้ำของภาพลิ่ง

6.3. การทดสอบการหาจุดศูนย์กลางของดวงตา

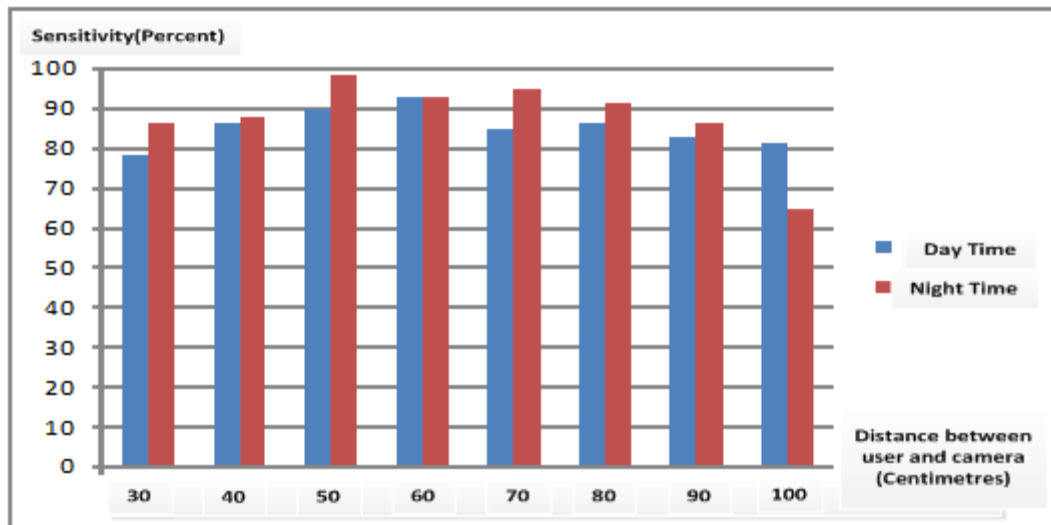
การทดสอบเพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงตา โดยบันทึกวิถีทัศน์เป็นจำนวน 1 นาที จำนวน 500 เฟรม รวมทั้งตรวจหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการตรวจหาจุดศูนย์กลางของดวงตา และเป็น การนับจำนวนเฟรมที่เกิดขึ้นต่อความถูกต้อง ในการตรวจจับดวงตาดังผลการทดลองตามกราฟใน เวลากลางวัน และกลางคืน รูปที่ 6-17 รวมทั้งเป็นการนับจำนวนเฟรมที่ถูกต้องต่อจำนวนเฟรม ทั้งหมด ซึ่งแสงที่ใช้งานต้องมีค่าใกล้เคียงกับวิธีในการตรวจจับใบหน้าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของ แสงต้องไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์ ในการตรวจจับดวงตานั้นต้องให้ผู้ใช้งานมีการกรอกดวงตาไปรอบๆ และเอียงใบหน้าไปที่ องศาต่างๆ ซึ่งการวัดจะกระทำโดยวัดในเชิงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการใช้ งาน ดังสมการที่ (6-1)

$$\% \text{ sensitivity} = \frac{\text{Number of true positives}}{\text{Total number of condition positives}} \times 100\% \quad (6-1)$$

โดยที่ $\% \text{ sensitivity}$ เป็นเปอร์เซ็นต์ค่าความไว

Number of true positive เป็นจำนวนเฟรมที่จำแนกว่ามีลูกตา

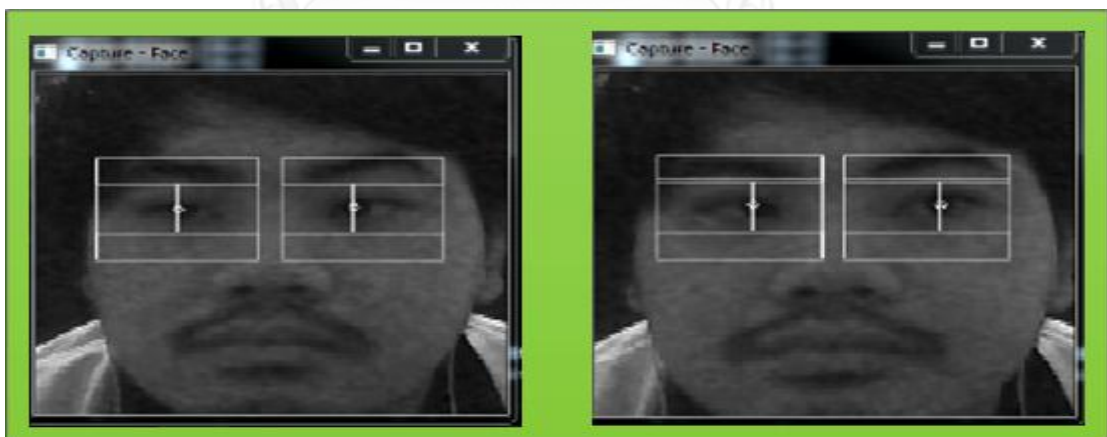
Total number of condition positives เป็นจำนวนเฟรมทั้งหมดที่ต้องวัดได้ว่ามีลูกตา



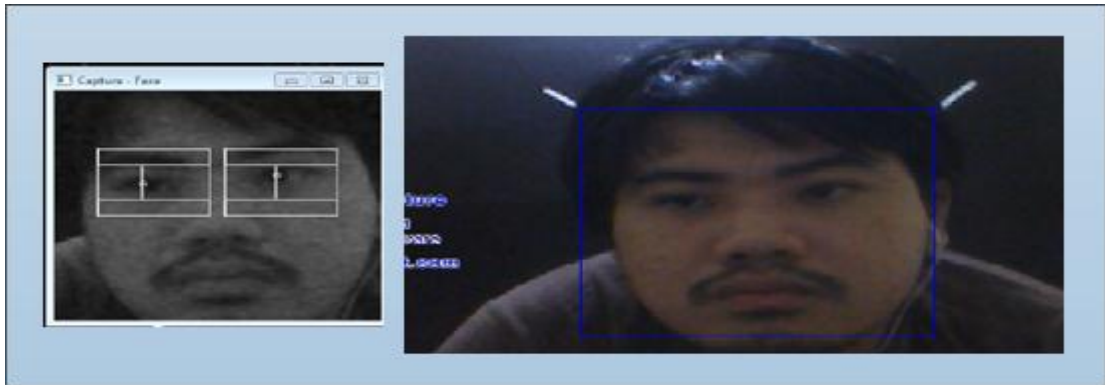
รูปที่ 6-17 แสดงค่าความไวต่อระยะระหว่าง 30 ถึง 100 เซนติเมตร

โดยใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะตั้งตรงในเวลากลางวัน และกลางคืน

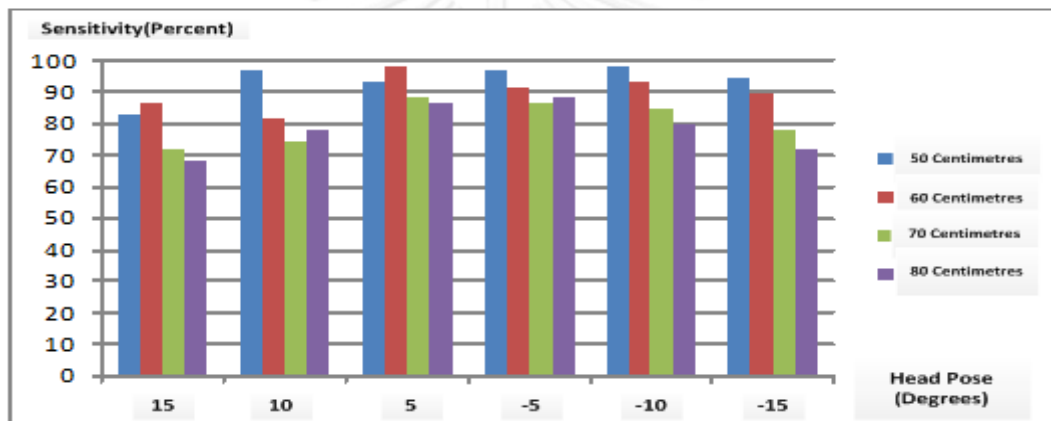
จากรูปที่ 6-17 ผู้วิจัยคัดเลือกทดสอบเพื่อหาระยะที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจจับใบหน้า และดวงตา ซึ่งเป็นประเภทใบหน้าตรง โดยอ้างอิงจากการทดสอบทั้งกลางวัน และกลางคืน ในรูปที่ 6-20 อธิบายถึงการเอียงใบหน้าไปที่มุมต่างๆโดยก่อนการทดสอบ ผู้วิจัยคัดเลือกทดสอบจากจำนวนความผิดพลาดของเฟรมที่น้อยที่สุด และมีจำนวนเฟรมที่ถูกต้องที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพสูงสุดของขั้นตอนวิธีนี้ ที่ใบหน้าผู้ใช้งานมีลักษณะตั้งตรง



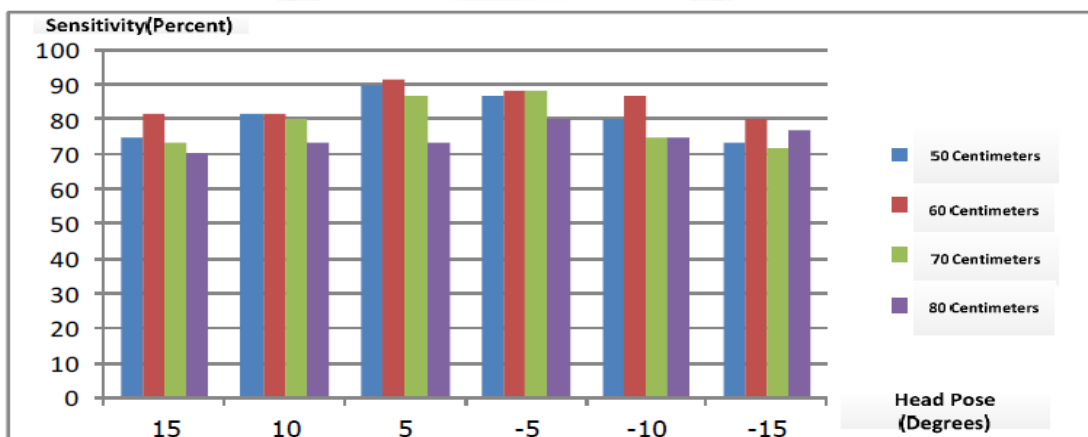
รูปที่ 6-18 การตรวจจับดวงตา และจุดศูนย์กลางของดวงตาโดยใบหน้ามีลักษณะตั้งตรง



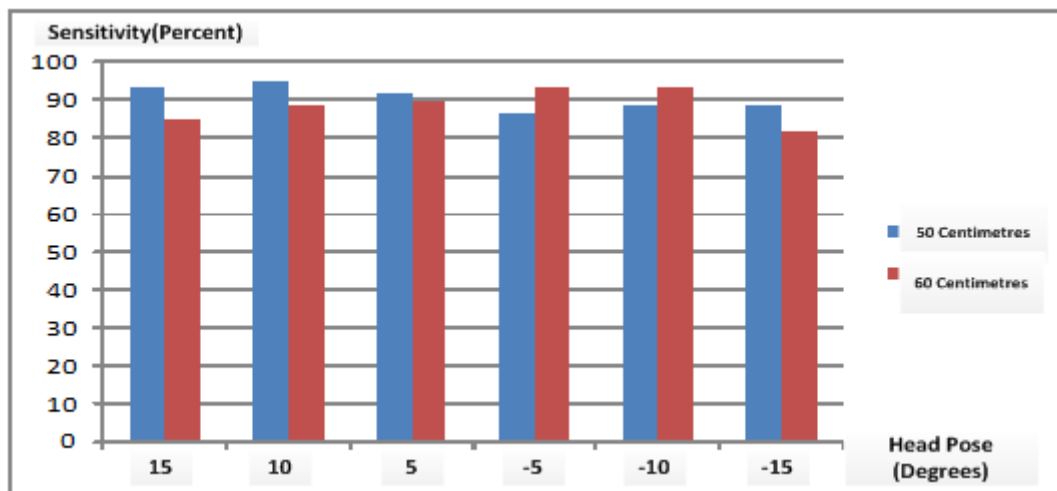
รูปที่ 6-19 การตรวจจับดวงตา และจุดศูนย์กลางของดวงตาโดยใบหน้ามีลักษณะเอียงทำมุมแบบเอียงที่ 5 องศา ในเวลากลางคืน



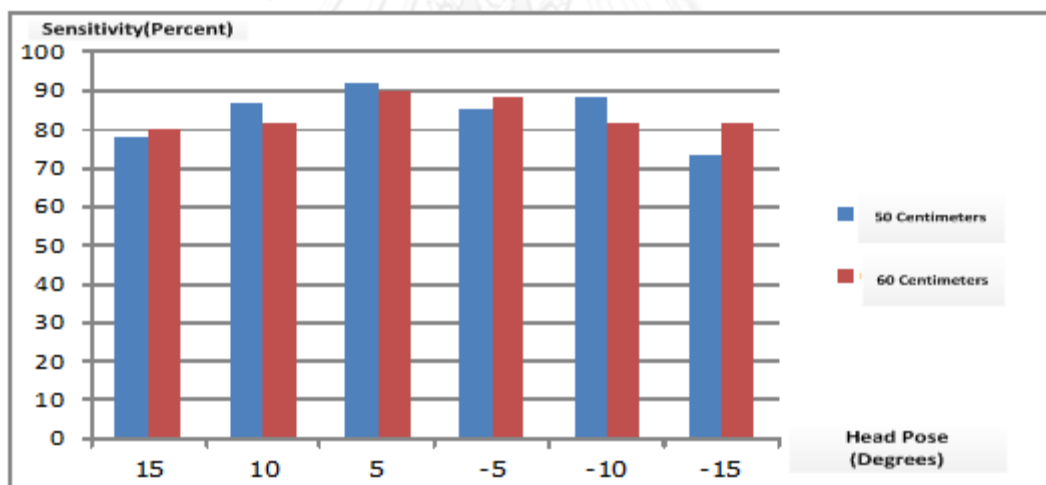
รูปที่ 6-20 แสดงค่าความไวต่อใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะเอียงทำมุมแบบเอียงระหว่าง -15 องศา ถึง 15 องศา โดยมีระยะระหว่าง 50 ถึง 80 เซนติเมตร ในเวลากลางคืน



รูปที่ 6-21 แสดงค่าความไวต่อใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะเอียงทำมุมแบบก้ม-เงย ระหว่าง -15 องศา ถึง 15 องศา โดยมีระยะระหว่าง 50 ถึง 80 เซนติเมตร ในเวลากลางคืน



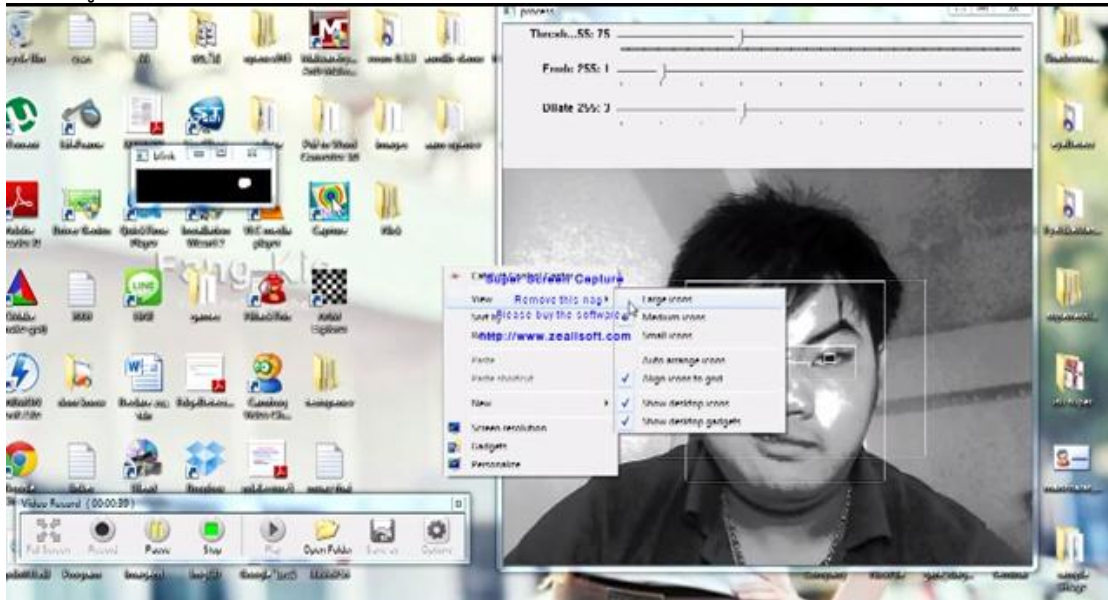
รูปที่ 6-22 แสดงค่าความไวต่อใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะเอียงทำมุมแบบเอียงระหว่าง -15 องศา ถึง 15 องศา โดยมีระยะระหว่าง 50 ถึง 60 เซนติเมตร ในเวลากลางวัน



รูปที่ 6-23 ค่าความไวต่อใบหน้าผู้ทดสอบมีลักษณะเอียงทำมุมแบบก้ม-เงย ระหว่าง -15 องศา ถึง 15 องศา โดยมีระยะระหว่าง 50 ถึง 60 เซนติเมตร ในเวลากลางวัน

จากรูปที่ 6-20 ถึง 6-23 กราฟทั้ง 4 แสดงประสิทธิภาพกระบวนการวินิจฉัยที่ใบหน้ามีลักษณะการเอียง คือ 80 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการทดลอง ระยะห่างระหว่างผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ ที่ 60 เซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพของกระบวนการสูงกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen Yuan Ko และคณะ [12] ที่กล่าวถึงระยะที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งาน คือ 60 เซนติเมตร

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ทดสอบด้วยการให้ผู้ใช้งานสั่งการโดยการบันทึกวีดิทัศน์การสั่งงานคอมพิวเตอร์ โดยเป็นการทดสอบเลื่อนเมาส์คอมพิวเตอร์ ไปรอบหน้าจอคอมพิวเตอร์ และทดสอบด้วยการเปิดโปรแกรม เพื่อทดสอบค่าความแม่นยำในการสั่งการคอมพิวเตอร์ ด้วยการกระพริบตา ดังรูปที่ 6-24 และดังรูปที่ 6-25

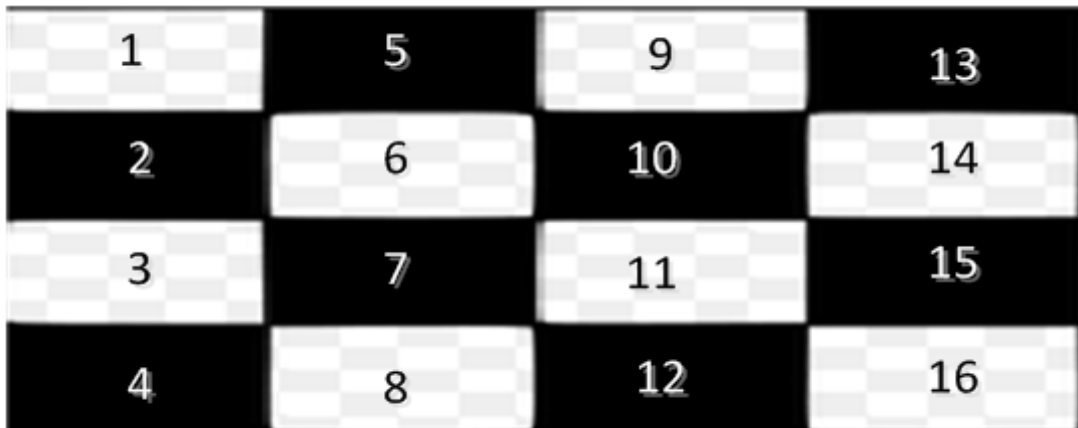


รูปที่ 6-24 การทดสอบการคลิกซ้ายบนหน้าจอ ด้วยการกระพริบตาซ้าย เพื่อขยายไอคอนจอคอมพิวเตอร์

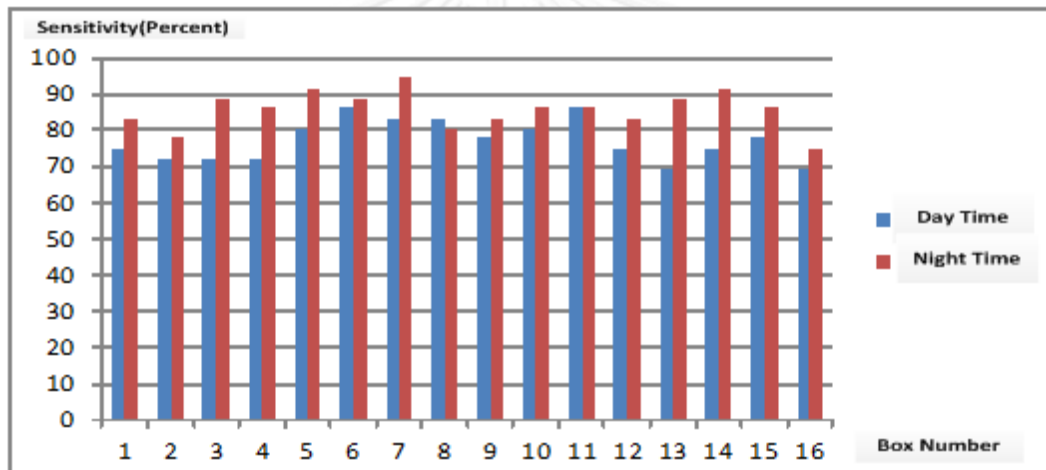


รูปที่ 6-25 ผลการทดสอบการคลิกซ้ายบนหน้าจอ ด้วยการกระพริบตาซ้าย เพื่อขยายไอคอนจอคอมพิวเตอร์

การทดสอบให้ผู้ใช้งานมอง และสั่งการตามบริเวณต่างๆของจอคอมพิวเตอร์ และคลิกสั่งการเมาส์คอมพิวเตอร์ที่หมายเลขต่างๆ โดยที่เป็นการคลิกซ้าย และขวา รวมทั้งบันทึกวีดิทัศน์เป็นเวลา 1 นาที โดยเป็นการบันทึกเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งแสดงจอคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบดังรูปที่ 6-26



รูปที่ 6-26 ค่าความละเอียดที่ใช้บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ 1368 x768 จุดภาพ



รูปที่ 6-27 การทดสอบการใช้งานจริงที่ระยะ 60 เซนติเมตร ในเวลากลางวัน และกลางคืน

จากรูปที่ 6-26 เป็นรูปทดสอบการใช้งานที่ค่าความละเอียดที่ใช้บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ 1368 x768 จุดภาพ ซึ่งการทดสอบเป็นการให้ผู้ใช้งานจริงทดสอบคลิกไอคอนภายในกล่องหมายเลข 1-16 ผลการทดสอบค่าความไว (เปอร์เซ็นต์) แสดงดังรูปที่ 6-27

6.4. การทดสอบกับผู้ใช้งานจริง

งานวิจัยขั้นนี้วิเคราะห์ และทดสอบกับผู้ใช้งานจริง รวมทั้งรวบรวมความเห็นของผู้ใช้งานจริง ซึ่งผู้ใช้งานจริงหรือผู้ทดสอบ คือ ผู้พิการทางแขน และผู้ใช้งานทั่วไปทั้งเพศหญิง และเพศชาย ในกรณีของผู้พิการทางแขนนั้น สามารถแบ่งออกเป็นสามกรณี คือ ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างแบบกล้ามเนื้อ แขนอ่อนแรง ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างจากอุบัติเหตุ ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างตั้งแต่กำเนิด โดยอ้างอิงจากโครงการวิจัยจริยธรรมในมนุษย์ซึ่งมาจากการทดลอง และทดสอบกับผู้พิการทางแขนทั้งสองข้าง

จากกรณี ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างแบบกล้ามเนื้ออ่อนแรง ซึ่งมีการศึกษาระดับปริญญาตรี เนื่องจากส่วนใหญ่ผู้พิการประเภทนี้มีความถนัดรวมทั้งคุ้นเคยกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก และมีการเรียนรู้การใช้งานได้รวดเร็ว รวมทั้งมีความต้องการโปรแกรมที่สร้างขึ้น โดยจากแบบสอบถามผู้พิการประเภทนี้มีความเห็นต่อโปรแกรม คือ ผู้พิการประเภทนี้ต้องการให้โปรแกรมมีความหลากหลายในการทำงานมากขึ้น หากกรณีผู้ใช้งานหรือผู้พิการมีความเมื่อยล้า ควรเพิ่มคีย์บอร์ดเสมือนเพื่อสั่งหยุดการเคลื่อนที่ของเมาส์ หรือแม้กระทั่งผู้พิการมีการเคลื่อนที่จนเกินระยะกลิ้งโดยไม่สามารถตรวจจับได้โปรแกรมประยุกต์ควรมีการเตือนผู้ใช้งานหรือผู้พิการ ข้อสังเกต คือ ผู้พิการประเภทนี้การเอียงร่างกาย หรือการเคลื่อนไหว มีความช้ากว่าผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งมีผลให้สามารถใช้งานโปรแกรมประยุกต์ ได้เป็นอย่างดี

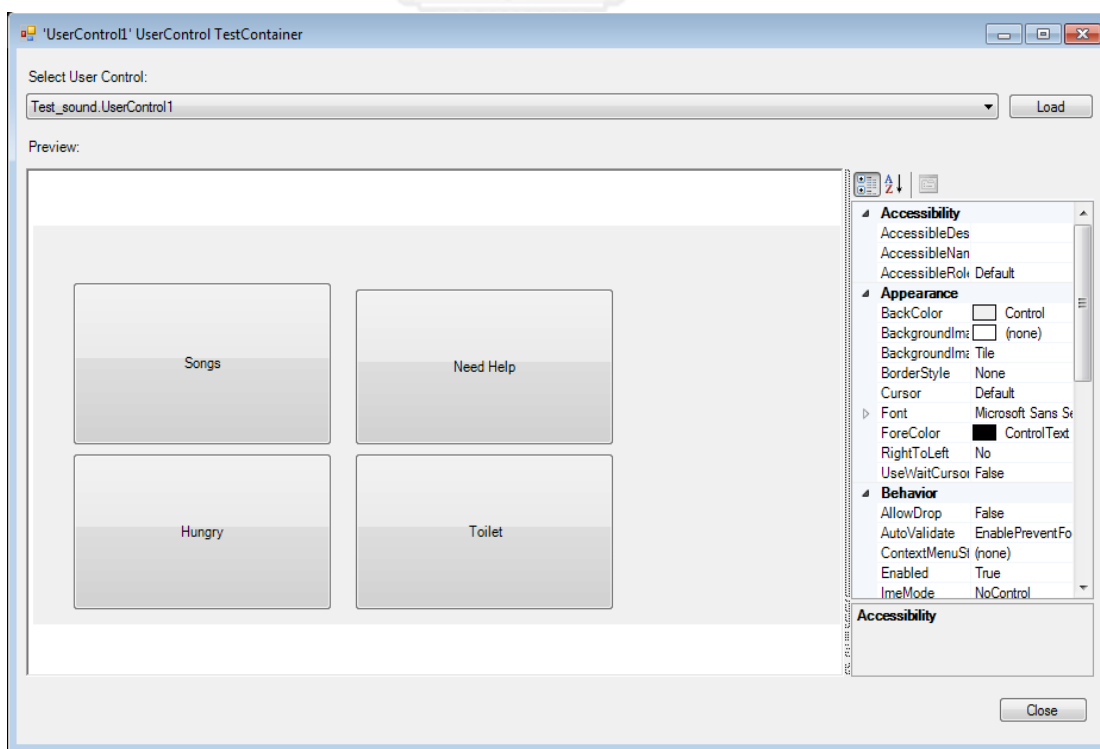
จากกรณี ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างจากอุบัติเหตุ ซึ่งมีการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เนื่องจากส่วนใหญ่ผู้พิการประเภทนี้มีความถนัดรวมทั้งคุ้นเคยกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก และมีการเรียนรู้การใช้งานได้รวดเร็ว เพียงแต่ต้องการความเร็วของโปรแกรมที่มากกว่านี้ รวมทั้งต้องการให้โปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้นมีเมนูยากกว่านี้ เพียงแต่การสื่อสาร(Interface)กับคอมพิวเตอร์ต้องเป็นการสั่งการแบบอื่นๆ ซึ่งผู้พิการต้องการให้มีหลากหลายรูปแบบที่มากขึ้นเพื่อเลือกสั่งการด้วยตนเอง โดยจากแบบสอบถามผู้พิการประเภทนี้มีความเห็นต่อโปรแกรม คือ ผู้พิการต้องการให้มีการติดต่อสื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยการสั่งการผ่านเสียง รวมทั้งต้องการเพิ่มความเร็วในการใช้งานโปรแกรมที่สร้างขึ้น และต้องการให้มีระบบปฏิบัติการวินโดวส์(Windows OS)สำหรับคนพิการ โดยจากการวิเคราะห์เบื้องต้นผู้พิการประเภทนี้มีการเอียงร่างกายลำบากกว่าผู้พิการทุกประเภท

จากกรณี ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างตั้งแต่กำเนิด ซึ่งเป็นผู้ไม่เคยเข้าเรียนตามหลักสูตรสามัญพื้นฐาน เนื่องจากผู้พิการประเภทนี้เป็นผู้ไม่มีความถนัดในการใช้งานคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้พิการประเภทนี้มีความต้องการโปรแกรมมากกว่าทุกประเภท โดยข้อสังเกต คือผู้พิการประเภทนี้ ไม่เคยมีการใช้งานอินเทอร์เน็ตมาก่อนเลยหรือแม้กระทั่งใช้งานคอมพิวเตอร์ โดยจากแบบสอบถามผู้พิการ

ประเภทนี้มีความเห็นต่อโปรแกรม คือ ต้องการให้สร้างหน้าต่างเพื่อการใช้งานในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่มากขึ้น หรือแม้กระทั่งต้องการให้จัดการส่วนของคีย์บอร์ดเสมือน ที่มาจากการส่วนของโปรแกรมที่ดีขึ้น ดังนั้นการใช้งานจึงเป็นในรูปแบบของการแนะนำเชื่อมโยงของอินเทอร์เน็ตต่างๆ เพื่อให้ผู้พิการประเภทนี้ได้เข้าถึงอินเทอร์เน็ตอย่างสมบูรณ์ที่สุด และแนะนำการใช้คีย์บอร์ดเสมือน (Virtual) ให้คล่องตัวที่สุด ผ่านโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้น

จากกรณี ผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งมีการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาตรีไปจนถึงระดับปริญญาโท เนื่องจากส่วนใหญ่ผู้ใช้งานทั่วไปมีความถนัดรวมทั้งคุ้นเคยกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก และมีการเรียนรู้การใช้งานได้รวดเร็ว โดยจากแบบสอบถามผู้ใช้งานประเภทนี้มีความเห็นต่อโปรแกรม คือ ผู้ใช้งานประเภทนี้ต้องการให้มีการเพิ่มคีย์บอร์ดเสมือน (Virtual Keyboard) บนโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้น เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยจากการวิเคราะห์ ผู้ใช้งานประเภทนี้มีการเคลื่อนไหวที่เป็นธรรมชาติ และสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวให้คล้ายกับผู้พิการทางแขนแบบกล้ามเนื้ออ่อนแรง จากการสังเกตการณ์ใช้งานผู้ใช้งานทั่วไป สามารถใช้งานโปรแกรมประยุกต์ได้คล่อง และสามารถสั่งการคอมพิวเตอร์ได้ดีอีกด้วย

เพื่อการใช้งานที่สะดวกต่อผู้พิการ จากงานวิจัยของ Margrit Betke และคณะ [18] ได้สรุปและวิเคราะห์ ความละเอียดของหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับผู้พิการ คือ ปุ่มที่ปรากฏบนหน้าจอต้องมีค่ามากกว่า 50x50 จุดภาพ

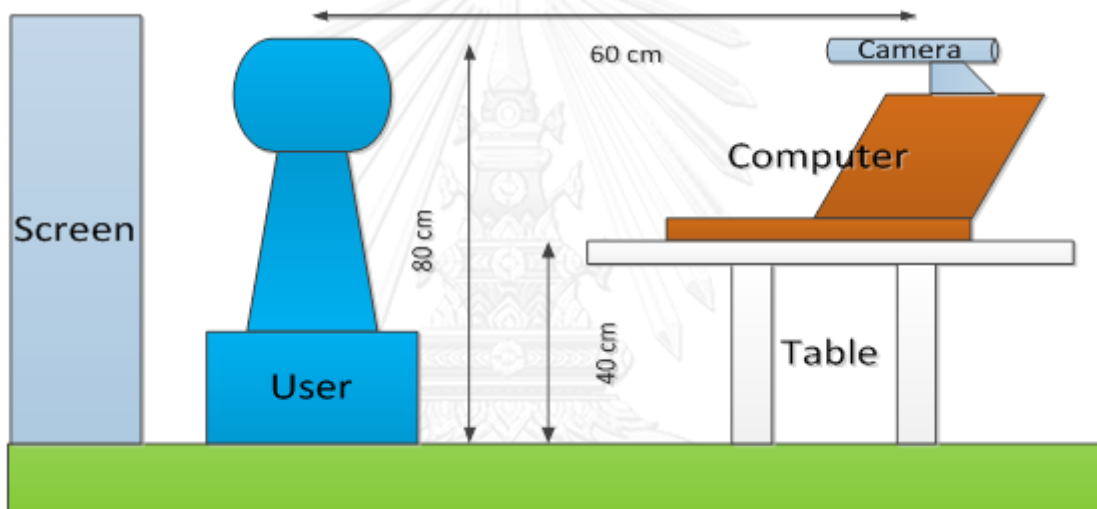


รูปที่ 6-28 ตัวอย่างแอปพลิเคชันเสริมที่สามารถใช้งานได้

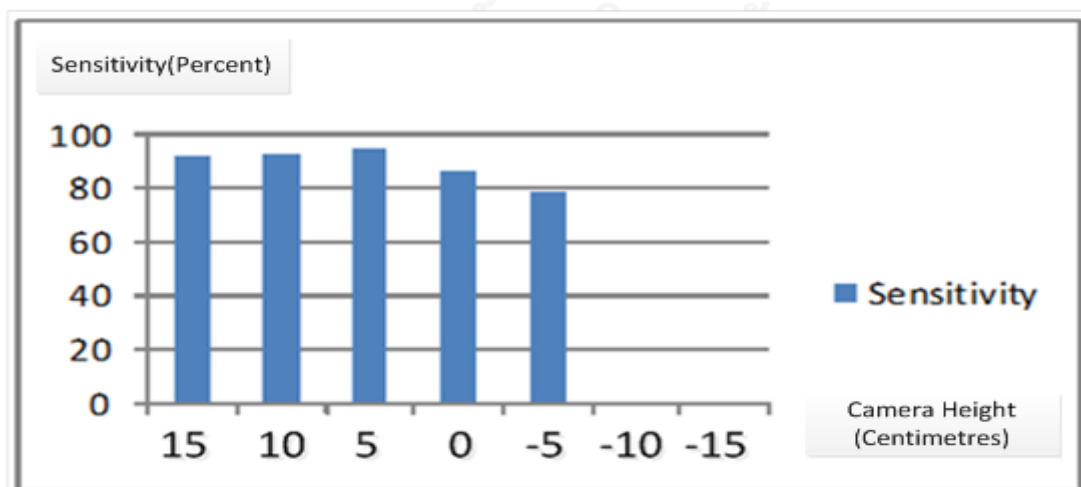
โดยทางผู้วิจัยวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้จัดทำโปรแกรมประยุกต์เสริมที่มีขนาดปุ่มใหญ่กว่า 50x50 จุดภาพ ซึ่งปรากฏดังภาพในข้างต้น ซึ่งจากงานวิจัย Margrit Betke และคณะ [18] และจากงานวิจัยของ ทดสอบ L. Lae-Kyoung และคณะ [19] เพื่อหาขนาดจุดภาพบนโปรแกรมประยุกต์ที่มีกระบวนการวิธีแบบฮาร์ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ต่อจำนวนเฟรม หรือความเร็วในการทำงานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งขนาดของความละเอียดหน้าจอที่ใช้ในงานวิจัยของ Margrit Betke และคณะ [18] และ L. Lae-Kyoung และคณะ [19] คือ 320x240 จุดภาพ

6.5. การทดสอบภายใต้ความสูงที่ผู้ใช้งาน และภายใต้สิ่งแวดล้อมที่แตกต่าง

เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพของระบบที่สร้างขึ้นนั้น การทดสอบจึงทดสอบในส่วนของ ผู้ใช้งานทั่วไป ดังรูปที่ 6-29 ถึงรูปที่ 6-32



รูปที่ 6-29 ระยะที่กล้องสูงจากศีรษะผู้ใช้งาน



รูปที่ 6-30 ค่าความไวที่ความสูงของกล้องจากศีรษะผู้ใช้งานที่ระยะตั้งแต่ -15 ถึง 15 เซนติเมตร

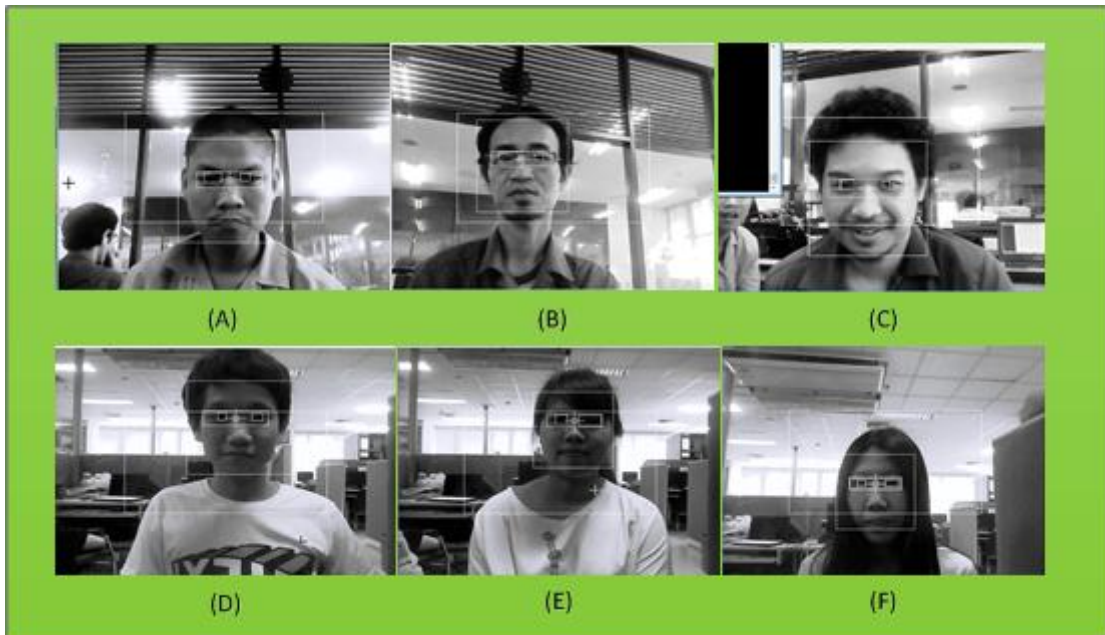
จากงานรูปที่ 6-29 เป็นการทดสอบความสูงของผู้ใช้งาน และกล้องคอมพิวเตอร์ โดยจากรูปที่ 6-30 หมายถึง ระยะที่กล้องสูงจากศีรษะผู้ใช้งาน เป็นระยะต่างๆ คือ 15, 10, 5 และ 0 เซนติเมตร รวมทั้ง ศีรษะผู้ใช้งานต่ำกว่ากล้องเป็นระยะต่างๆ คือ 15, 10, 5 และ 0 เซนติเมตร

จากงานวิจัยของ Isao Echizen [20] ทดสอบระยะ และความสว่างของแสงโดยทดสอบที่ 67.5 ลักซ์ (LUX) รวมทั้งไม่ได้ทดสอบแสงที่ผ่านกล้อง

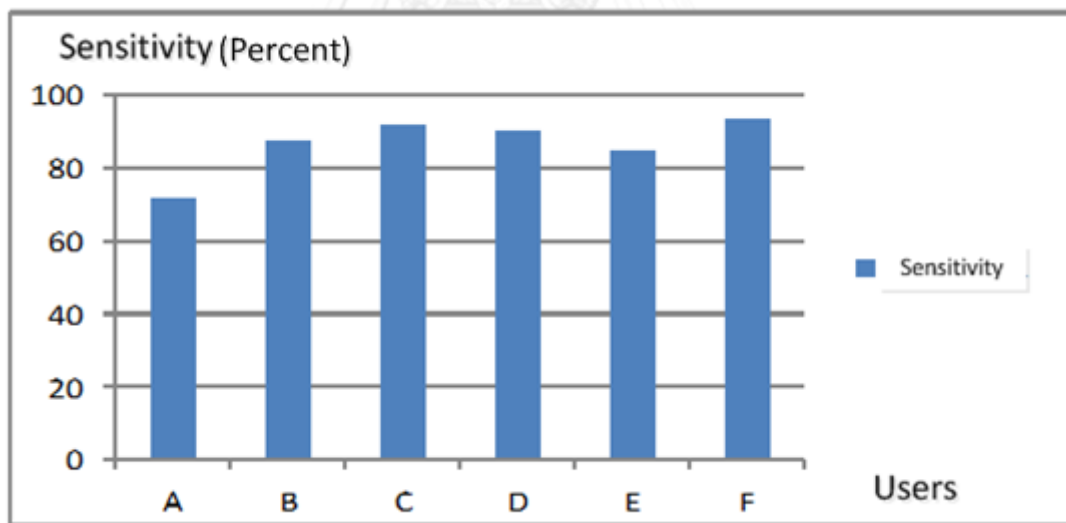
จากการคัดเลือกการทดสอบของงานวิจัยนี้ โดยอัตราส่วนค่าความสว่างของแสงที่ผู้ใช้งาน (ลักซ์) ต่อค่าความสว่างของแสงที่คอมพิวเตอร์ (ลักซ์) โดยที่ผู้ใช้งานค่าความสว่างของแสงเป็น 4 เท่าของค่าความสว่างของแสงที่คอมพิวเตอร์ดังนั้นหาก ค่าความสว่างของแสงที่ผู้ใช้งานมีค่า 64 ลักซ์ ดังนั้น ค่าความสว่างของแสงที่คอมพิวเตอร์ควรมีค่ามากกว่า 16 ลักซ์ แต่ไม่เกินค่าความสว่างที่ผู้ใช้งาน คือ 64 ลักซ์

จากรูปที่ 6-31 เป็นการทดสอบกับผู้ใช้งานจำนวน 6 คน ซึ่งจัดเป็น A เป็นคนศีรษะล้านเพศชาย B เป็นคนใส่แว่น เพศชาย C เป็นผู้ชายในลักษณะผมหยิก D เป็นผู้ชายในลักษณะปกติ และ E จัดเป็นผู้ใช้งานเพศหญิง โดยผลของการทดสอบของผู้ใช้งานจำนวน 1 นาที ดังรูปที่ 6-32 แสดงให้เห็นว่า เพศชาย แบบ C และ D มีค่าความไว สูงกว่าเพศชายแบบ A และ B ซึ่งค่อนข้างมีลักษณะ ศีรษะล้าน

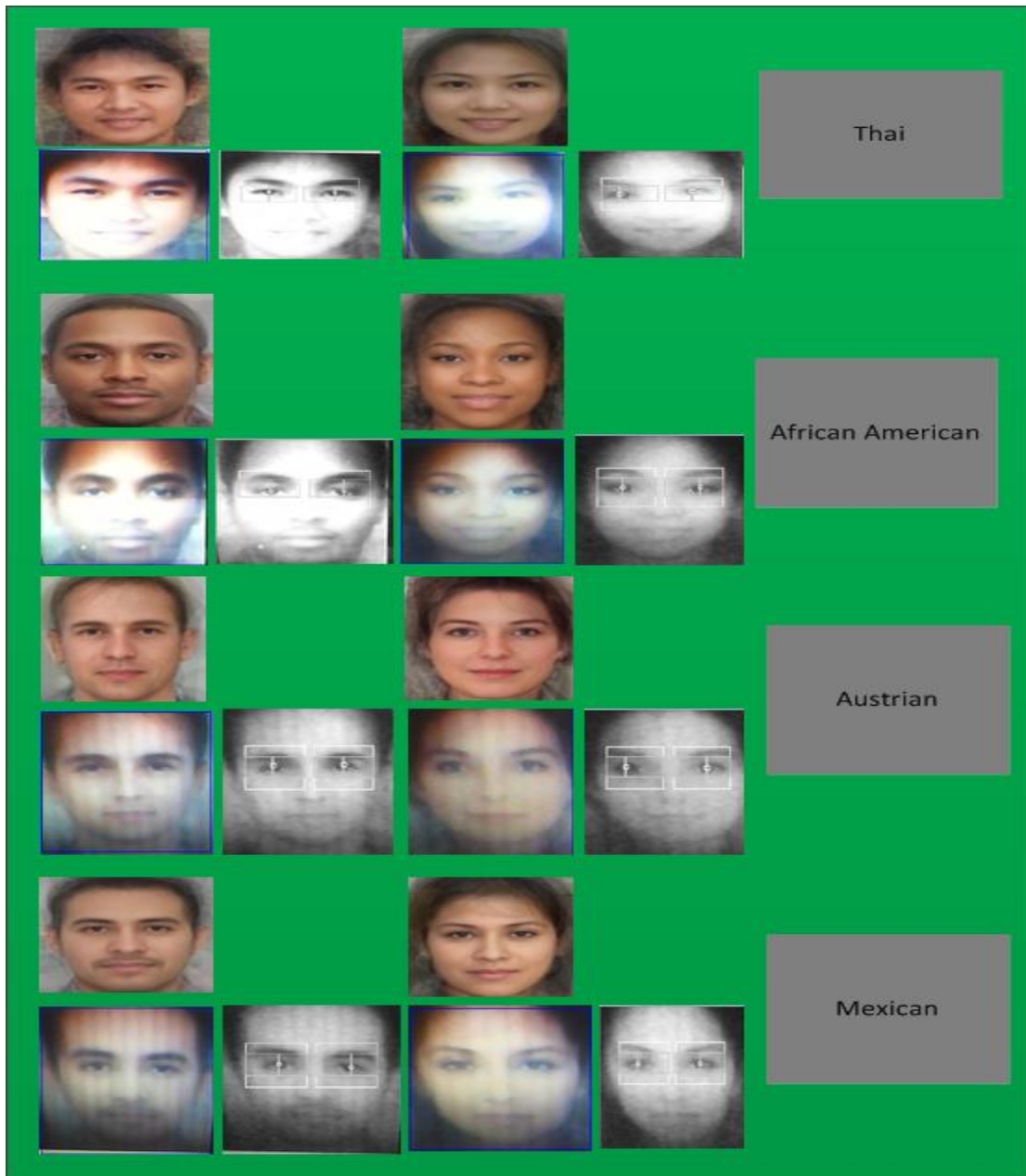
จากรูปที่ 6-33 การทดสอบการอ้างอิงภาพเสมือนใบหน้า จากคนจำนวน 4 ชาติ ซึ่งประกอบไปด้วย ใบหน้าซึ่งเป็นคำมีมาตรฐานของชาวไทย ชาวแอฟริกัน-อเมริกัน ชาวออสเตรเลีย และชาวเม็กซิกัน โดยผู้วิจัยคัดเลือกรูปภาพ และทดสอบด้วยการนำภาพลง (Print) บนกระดาษ A4 ที่มีขนาดเท่ากับ ใบหน้าของผู้วิจัย และข้อมูลใบหน้าเสมือนดังกล่าวอ้างอิงแทนใบหน้ามนุษย์ได้ ข้อสังเกต ใบหน้าของ ชาวออสเตรเลีย กระบวนการวิธีสามารถตรวจจับได้รวดเร็ว กว่าใบหน้าของชาติอื่น เนื่องจากสีผิว และดวงตามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งส่งผลให้กระบวนการวิธีมีการตรวจจับได้รวดเร็ว และใบหน้าของชาวเม็กซิกันมีการตรวจจับได้ยากกว่าชาติที่กล่าวมาทั้งหมด ข้อสังเกตเห็นว่า ลักษณะดวงตาของชาวเม็กซิกัน มีความลึกกว่าชาติอื่น รวมทั้งสีผิวคล้ายกับดวงตา ซึ่งอาจส่งผลให้กระบวนการวิธีมีการตรวจจับได้ช้ากว่าชาติอื่น ทั้งนี้ผู้วิจัยทดสอบเพียงเพื่อพิสูจน์ว่าใบหน้าที่เป็นวัตถุเสมือนสามารถทดแทนใบหน้ามนุษย์จริงได้ ขั้นตอนวิธีดังกล่าวสามารถตรวจจับใบหน้าได้ โดยวัตถุหรือภาพดังกล่าวต้องมีขนาดเท่ากับใบหน้ามนุษย์จริง จึงสามารถทดสอบที่ระยะ 60 เซนติเมตรในเวลากลางคืนได้



รูปที่ 6-31 การทดสอบกับผู้ใช้งานจำนวน 6 คน โดยผู้ใช้งานอยู่ห่างจากคอมพิวเตอร์ 60 เซนติเมตร



รูปที่ 6-32 ค่าความไวในการใช้งานจริง (Performance Sensitivity:Percent) ของผู้ใช้งาน A ถึง F



รูปที่ 6-33 การทดสอบภาพเสมือนใบหน้าคน

บทที่ 7

ข้อสรุป และข้อเสนอแนะ

7.1. ข้อสรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ แบ่งการทดสอบเป็น 3 การทดสอบ การทดสอบแรกคือการตรวจจับใบหน้า และดวงตาด้วยวิธีแบบฮาร์ เห็นว่า ภาพที่ตรวจจับดวงตาได้นั้นค่อนข้างมีความละเอียดไม่เพียงพอ ต้องเพิ่มกระบวนการทดสอบที่ 2 คือการนำ การขยายภาพดวงตาด้วยความละเอียดสูงยวดยิ่ง ซึ่งจากผลการทดลองเห็นว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการขยายภาพความละเอียดสูง ของภาพที่มีลวดลายต่างกัน หากเป็นภาพดวงตาซึ่งมีลวดลายดำวิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือ ทฤษฎีการขยายภาพความละเอียดสูงยวดยิ่งแบบผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง จากผลการทดลองวิธีดังกล่าวเหมาะสม เนื่องมาจากการจำนวนการทำซ้ำที่น้อย รวมทั้งให้คุณภาพของภาพ (PSNR) มีค่ากว่าวิธีการขยายภาพด้วยกระบวนการวิธีอื่น การทดสอบที่สาม เป็นการนำวิธีการของการตรวจจับ การเคลื่อนที่ของใบหน้า และดวงตา รวมทั้งขยายภาพดวงตาด้วยวิธีผลรวมการแปรผันสองด้านของความละเอียดสูงยวดยิ่ง หลังจากนั้นหาค่าความโค้งของดวงตา เพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงตา พร้อมกับสั่งการคอมพิวเตอร์ ที่ระยะต่างๆ โดยการทดสอบแบ่งเป็นการทดสอบในเวลากลางวัน และกลางคืนหากสังเกต ในเวลากลางคืน ค่าความสว่างของแสงที่ผู้ใช้งานมากกว่า ค่าความสว่างของแสงที่ผ่านหน้ากล้อง ในเวลากลางวัน ค่าความสว่างของแสงที่ผู้ใช้งานน้อยกว่า ค่าความสว่างของแสงที่ผ่านหน้ากล้อง จากผลการทดลองกระบวนการวิธีมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ผู้ใช้งานมีใบหน้าลักษณะตั้งตรงที่ระยะ 60 เซนติเมตร คือ 93.33 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระยะผู้ใช้งานมีความสูงจากกล้องไม่เกิน 5 เซนติเมตร และมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้ใช้งานมีการเอียงใบหน้าในลักษณะมุมก้ม-เงย และมุมเอียง ตั้งแต่ -15 องศา ไปจนถึง 15 องศา และมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 80 เปอร์เซ็นต์ และแบ่งการทดสอบเป็นเวลากลางวัน(แสงมาจากสองแหล่ง) และเวลากลางคืน (แสงมาจากแหล่งเดียว) รวมทั้งความเหมาะสมของค่าความสว่างควรมาจากแหล่งเดียว (เวลากลางคืน) โดยผลการคัดเลือกทดสอบค่าความสว่างในเวลากลางวันที่ผู้ใช้งานมีค่าระหว่าง 40 ถึง 61 และค่าความสว่างที่ผ่านหน้ากล้องมีค่าระหว่าง 98 ถึง 112 รวมทั้งในเวลากลางคืนที่ผู้ใช้งานมีค่าระหว่าง 61 ถึง 69 และค่าความสว่างที่ผ่านหน้ากล้องมีค่าระหว่าง 42 ถึง 46 การทดสอบกับผู้ใช้งานจริงงานวิจัยชิ้นนี้วิเคราะห์จากความเห็นของผู้ใช้งานจริง ซึ่งผู้ใช้งานจริงคือ ผู้พิการทางแขน ในกรณีของผู้พิการทางแขนนั้น สามารถแบ่งออกเป็นสามกรณี คือ ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างแบบกล้ามเนื้ออ่อนแรง ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างจากอุบัติเหตุ ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างตั้งแต่กำเนิด โดยผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างที่เหมาะสมกับโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้นนั้นคือ ผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างแบบ

กล้ามเนื้อแขนอ่อนแรง และผู้พิการทางแขนทั้งสองข้างตั้งแต่กำเนิด มีความต้องการโปรแกรมประยุกต์เป็นอย่างมาก

7.2. ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตของงานวิจัยชิ้นนี้สามารถปรับปรุงด้วยวิธีการ แบบ Active Shape Model และ Active Appearance Model [21] เป็นการนำจุดสมมูลของใบหน้ามนุษย์ และสร้างโครงร่างเสมือนขึ้น ทำให้การเอียงใบหน้ามีความแม่นยำในการตรวจจับ และเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกว่าวิธีการแบบฮาร์ เป็นต้น ซึ่งสามารถทำให้ผู้ใช้งานสามารถเอียงใบหน้าเกิน 15 องศา และ -15 องศาได้ ในมุมมองออยเลอร์ รวมทั้งต้องปรับปรุงให้มีการป้อนคำสั่งคอมพิวเตอร์แบบใหม่อีกด้วย เช่น การป้อนคำสั่งด้วยเสียง การป้อนคำสั่งด้วยลักษณะการขยับใบหน้าขึ้น-ลง และการป้อนคำสั่งด้วยลักษณะการยิ้มด้วยปาก

รายการอ้างอิง

- [1] P. Viola and M. Jones, "Robust real-time face detection," in *Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on*, 2001, pp. 747-747.
- [2] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-time Object Detection," *Second International Workshop On Statistical And Computational Theories Of Vision*, 2001.
- [3] V. Srisuwarat and S. Pumrin, "A Vision Module Algorithm for Human Face Detection," in *The 31st Electrical Engineering Conference (EECON-31)*, 2006, pp. 1165-1168.
- [4] B. Schölkopf, A. Smola, and K.-R. Müller, "Nonlinear Component Analysis as a Kernel Eigenvalue Problem," vol. 44, December 1996.
- [5] T. Ogawa and M. Haseyama, "Adaptive example-based super-resolution using kernel PCA with a novel classification approach," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2011.
- [6] K. Ni, K. Sanjeev, and N. Truong, "Learning the Kernel Matrix for Superresolution," in *Multimedia Signal Processing, 2006 IEEE 8th Workshop on*, 2006, pp. 441-446.
- [7] J. Zhang, C. Zhao, R. Xiong, S. Ma, and Z. Debin, "Image super-resolution via dual-dictionary learning and sparse representation," in *Circuits and Systems (ISCAS), 2012 IEEE International Symposium on*, 2012, pp. 1688-1691.
- [8] S. Farsiu, D. Robinson, M. Elad, and P. Milanfar, "Fast and robust super-resolution," in *Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on*, 2003, pp. II-291-4 vol.3.
- [9] R. Valenti and T. Gevers, "Accurate eye center location and tracking using isophote curvature," in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on*, 2008, pp. 1-8.
- [10] L. Wang, X. Ding, C. Fang, C. Liu, and K. Wang, "Eye Blink Detection Based on Eye Contour Extraction," in *Image Processing: Algorithms and Systems, SPIE*, 2009.
- [11] R. Vera-Rodriguez, J. Fierrez, P. Tome, and J. Ortega-Garcia, "Face Recognition at a Distance: Scenario Analysis and Applications," in *Distributed Computing and Artificial Intelligence Advances in Intelligent and Soft Computing*, 2010, pp. 341-348.
- [12] K. Cheng-Yuan and C. Liang-Gee, "Acquire user's distance by face detection," in *Consumer Electronics (ISCE), 2013 IEEE 17th International Symposium on*, 2013, pp. 113-114.
- [13] Developers Team OpenCV. (2014). "Open Source Computer Vision Library." *OPENCV*. Available: <http://opencv.org/>

- [14] P. W. Gorley and N. S. Holliman, "Investigating symmetric and asymmetric stereoscopic compression using the PSNR image quality metric," in *Information Sciences and Systems (CISS), 2010 44th Annual Conference on*, 2010, pp. 1-6.
- [15] A. Chakrabarti, A. N. Rajagopalan, and R. Chellappa, "Super-Resolution of Face Images Using Kernel PCA-Based Prior," *Multimedia, IEEE Transactions on*, vol. 9, pp. 888-892, 2007.
- [16] J. Serra. (2013). "Mathematical morphology." *Morphology*. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_morphology
- [17] S. Database. (2012). "Image Processing." *Access Road*. Available: <http://groups.csail.mit.edu/vision/SUN/>
- [18] M. Betke, J. Gips, and P. Fleming, "The Camera Mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities," *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, vol. 10, pp. 1-10, 2002.
- [19] L. Lae-Kyoung, A. Su-Yong, and O. Se-young, "Efficient face detection and tracking with extended CAMSHIFT and haar-like features," in *Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference on*, 2011, pp. 507-513.
- [20] I. Echizen, "Privacy Protection Techniques Using Differences in Human and Device Sensitivity," National Institute of Informatics, Digital Content and Media Sciences Research Division, 2012.
- [21] S. Zhang, L. Wu, X. He, and J. Tian, "A Hybrid Algorithm of Facial Feature Point Location Based on Improved MR-ASM and AAM," in *Signal Processing, 2006 8th International Conference on*, 2006.
- [22] J. Simons. (2014). "Api specification for parallel programming.", *Open Multi Processor*. Available: <http://openmp.org/wp/>



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ

ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7 (Windows Operating System Version 7)

ระบบปฏิบัติการ คือ ซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่เชื่อมประสานระหว่างอุปกรณ์และทรัพยากรในระบบ กับ โปรแกรมประยุกต์ โดยระบบปฏิบัติการจะทำหน้าที่บริหารจัดการ และจัดสรรอุปกรณ์และทรัพยากร ต่างๆ อาทิเช่น หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ เมมโมรี่ แผงแป้นอักขระ (keyboard) ช่องทางการ สื่อสารแบบสากล (Universal Serial Bus) ฯลฯ ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับโปรแกรมประยุกต์ที่กำลัง ดำเนินงานอยู่ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และจัดให้มีส่วนเชื่อมประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface) เพื่อให้โปรแกรมประยุกต์สามารถเรียกใช้บริการในระบบปฏิบัติการ หรือ ใช้อุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบได้โดยไม่ต้องรู้รายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนในการติดต่อเชื่อมโยงกับ อุปกรณ์เหล่านั้นอย่างละเอียด ซึ่งช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ บนระบบปฏิบัติการสามารถทำ ได้ง่ายและสะดวกกว่าการพัฒนาโปรแกรมกับระบบที่ไม่ได้ติดตั้งระบบปฏิบัติการ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่ออยู่ในระบบเป็นอย่างดี

ระบบปฏิบัติการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายโครงสร้าง เช่น ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ ระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ เป็นต้น ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เป็นระบบที่นิยมสำหรับเครื่อง คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) และต่อมาได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับสมาร์ตโฟน หรือว่าแท็บเล็ต ข้อได้เปรียบของวินโดวส์คือ วินโดวส์เป็นระบบที่สามารถสร้างโปรแกรมประเภทเชิง ขนานที่สะดวก รวดเร็ว และคลังห้องสมุด (Library) มีจำนวนมากซึ่งสามารถทำให้ผู้พัฒนาสามารถ เข้าถึง หน่วยความจำหรือว่าการติดต่ออุปกรณ์ที่รวดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โปรแกรมที่ สร้างขึ้น

อย่างไรก็ตาม ผู้ออกแบบและพัฒนาระบบวิธีการตรวจจัดการเคลื่อนที่ของใบหน้า และดวงตาเพื่อสั่ง การทำงานคอมพิวเตอร์ โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ จะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นฐานการใช้งาน ไมโครซอฟท์วิทัศน์สตูดิโอที่สามารถประมวลผลของรูปภาพหรือวีดิทัศน์แบบเวลาจริงได้รวดเร็ว และ มีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างสถาปัตยกรรมของระบบวินโดวส์เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่สร้าง ขึ้นให้มีความเร็วในการประมวล ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

ไมโครซอฟท์วิทัศน์สตูดิโอ (Microsoft Visual Studio)

ไมโครซอฟท์วิทัศน์สตูดิโอ จัดเป็นโปรแกรมประเภทสิ่งแวดล้อมสำหรับการพัฒนาแบบเบ็ดเสร็จ (Integrated Development Environment หรือ IDE) ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์ซอฟต์แวร์ซึ่งอำนวยความสะดวกให้แก่ักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาซอฟต์แวร์

โอเพนซีวี (OPENCV)

โอเพนซีวีจัดเป็นคลังห้องสมุดประเภทเปิด (Open source) โดยที่คลังห้องสมุดดังกล่าวประกอบด้วยขั้นตอนวิธี (Algorithms) ทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) จำนวนมากกว่า หนึ่งร้อย อัลกอริทึม โดยจะมีโมดูลต่างๆที่ให้ผู้ใช้งาน หรือว่าผู้วิจัยสามารถเลือกใช้งานได้

ซึ่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้ใช้วิทัศน์สตูดิโอ ประเภท 32 บิต และไมโครซอฟท์วินโดวส์เจ็ด ประเภท 32 บิต ซึ่งเอพีไอ (Application Programming Interface:API) ที่ใช้งานได้สามารถทำงานได้สามารถเอกสารหลักของโอเพนซีวี

โอเพนเอ็มพี (OPENMP)

โอเพนเอ็มพีจัดเป็นเอพีไออีกประเภทที่สามารถเรียกใช้งานได้ในกรณีที่ระบบประมวลผลในเชิงคอมพิวเตอร์วิชชันมีการประมวลผลที่จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรสูงอันเนื่องมาจากการจัดการของระบบ โอเพนซีวีจัดเป็นการจัดการหน่วยความจำแบบอัตโนมัติ (Auto Memory Management) [22]

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชัยรัชต์ ไกรจันทร์ เกิดเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2555



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY