



การเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับภาพใบหน้าจากกล้องวงจรปิดด้วย
เทคนิคการปรับปรุงภาพด้วยมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์

โดย

นายบัณฑิต สมบูรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับภาพใบหน้าจากกล้องวงจรปิดด้วย
เทคนิคการปรับปรุงภาพด้วยมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์มัลติสเตจไฮโดนามิค
เรนจ์

โดย

นายบัณฑิต สมบูรณ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



Using Multi-stage High Dynamic Range Technique to Improve
Detection of Human Faces in images from CCTV

BY

Mr. Bundit Somboon



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF SCIENCE PROGRAM IN COMPUTER SCIENCE

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายบัณฑิต สมบูรณ์

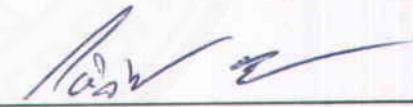
เรื่อง

การเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับภาพใบหน้าจากกล้องวงจรปิดด้วยเทคนิคการปรับปรุงภาพ
ด้วยมัลติสเคจไฮโดนามิคเรนจ์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2558

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(อาจารย์ ดร.กชิตช ชาญเชียว)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



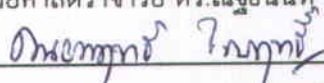
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ วรรณภา)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



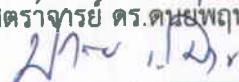
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนันท์ หงส์วริทธิ์ธร)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ ดร.ตนะยพฤทธ์ ไกรฤทธิ)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับภาพใบหน้าจากกล้องวงจรปิดด้วยเทคนิคการปรับปรุงภาพด้วยมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์
ชื่อผู้เขียน	นายบัณฑิต สมบูรณ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขา วิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ วรรณภา
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

การตรวจจับใบหน้าด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อรักษาความปลอดภัยของบุคคลและสถานที่ต่างๆ ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นคือ หากใบหน้าที่มีสภาพแสงที่แตกต่างกัน หรือมีวัตถุมาบังจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้านั้นลดลงเป็นอย่างมาก จากปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะหาเทคนิควิธีในการปรับปรุงภาพถ่ายในการตรวจจับใบหน้าในลักษณะของภาพบุคคลจากภาพของกล้องวงจรปิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้า ผลการศึกษาปรากฏว่า การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับภาพใบหน้าที่มีสภาพแสงแตกต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การตรวจจับใบหน้า, การประมวลผลภาพ, มัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์

Thesis Title	Using Multi-stage High Dynamic Range Technique to Improve Detection of Human Faces in images from CCTV
Author	Mr. Bundit Somboon
Degree	Of Master Of Science Program In Computer
Department/Faculty/University	Computer Science Science And Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Saowaluk Watanapa
Academic Years	2014

ABSTRACT

Face detection is the first step of face recognition process. It has applications in several fields such as surveillance and image/video content analysis. Normally, the face detection algorithm using Haar-like features works very well in detect ingfrontal bare-faces in an image. However, the effectiveness of the algorithm dramatically decreases when dealing with partial occlusions, such as Silhouette images is effect of different light conditions. We proposed the Multi-stage High Dynamic Range technique to improve the performance of occluded face detection. The experimental results show that our techniqucan significantly help improve the performance.

Keywords: Occluded face detection, Image Processing, Haar-like features

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเรียบร้อยด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ วรรณภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งให้คำสอนและคำแนะนำอันมีค่า และสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยดีมาตลอดมา รวมทั้งคอยให้กำลังใจในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างมากและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้ด้วย และขอขอบพระคุณอาจารย์ พี่ๆ เจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ เพื่อนๆ นิสิตปริญญาโททุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา และขอบคุณผู้เข้าร่วมการทดลองทุกท่านที่สละเวลา และให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยช่วยเหลือข้าพเจ้าในทุกๆด้าน คอยให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง และคอยให้คำแนะนำและกำลังใจมาโดยตลอดการทำวิทยานิพนธ์ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่คอยสนับสนุนเป็นกำลังใจอย่างดียิ่ง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงแก่ผู้ที่กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึงทุกท่าน ขออันเชิญคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายทั้งปวงในประเทศ จงคุ้มครองปกป้องรักษาให้ทุกท่าน มีความสุข มีความเจริญ สุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ตลอดไปเทอญ

นายบัณฑิต สมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 คำจำกัดความของศัพท์เฉพาะ	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ	5
2.1.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ	6
2.1.2 การแปลงรูปภาพสีเป็นรูปภาพระดับเทา	7
2.1.3 การปรับปรุงคุณภาพของภาพบนพื้นฐานของค่าฮิสโตแกรม	8
2.2 แนวคิดเกี่ยวกับหลักการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์	10
2.2.1 หลักการทำงานของมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์	12
2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจจับใบหน้า	14

2.3.1	วิธีเชิงฐานความรู้	14
2.3.2	วิธีใช้คุณสมบัติเฉพาะ	14
2.3.3	วิธีจับคู่ต้นแบบ	15
2.3.4	วิธีเชิงลักษณะที่มองเห็นได้	15
2.3.5	วิธีการตรวจจับใบหน้าของ Viola-Jones	16
2.3.5.1	ขั้นตอน Integral image	16
2.3.5.2	ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยวิธี Adaboost	19
2.3.5.3	ขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง	20
2.4	แนวคิดและทฤษฎีภาพและแสง	21
2.4.1	ภาพดิจิทัล (Digital Images)	21
2.4.2	ความละเอียดภาพ (Resolution)	23
2.4.3	แสง (Light)	23
2.4.3.1	ประเภทของแสง	24
2.5	กล้องวงจรปิด	26
2.5.1	ประเภทของกล้องโทรทัศน์วงจรปิดและเลนส์	26
2.5.2	อุปกรณ์อื่นๆและกล้องวงจรปิด	27
2.5.3	ประโยชน์ของกล้องวงจรปิด	28
บทที่ 3 วิธีการวิจัย		29
3.1	การตรวจจับใบหน้า	29
3.2	สมมุติฐานในงานวิจัย	30
3.3	กระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการทดลอง	31
3.4	การออกแบบกลุ่มการทดลอง	31
3.4.1	กลุ่มภาพถ่ายลักษณะของภาพถ่ายมีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ	31
3.4.2	กลุ่มภาพถ่ายลักษณะของภาพถ่ายมีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ	33
3.5	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและทดลอง	35
3.6	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	36
3.7	การวัดผลการทดลอง	38
3.7.1	ด้านความถูกต้องในการตรวจจับจำนวนใบหน้า	38

	(6)
3.7.2 ด้านความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า	38
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล	38
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	40
4.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิด	40
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของความถูกต้องในการตรวจหาจำนวนใบหน้าจากภาพถ่ายของกล้องวงจรปิด	41
4.2.1 กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ	42
4.2.2 กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ	45
4.3 การวิเคราะห์การทดลองเปรียบเทียบด้านความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า	50
4.3.1 กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ	51
4.3.2 กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ	54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง	59
5.1.1 การทดลองและการเลือกภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดในการทดลอง	59
5.1.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า	59
5.1.2.1 ด้านความถูกต้องของจำนวนใบหน้าที่ทำการตรวจหา	61
5.1.2.2 ด้านความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า	62
5.2 ประโยชน์ของงานวิจัย	62
5.2.1 ประโยชน์ของงานวิจัยเชิงทฤษฎี	62
5.2.2 ประโยชน์ของงานวิจัยเชิงประยุกต์	62
5.3 แนวทางการวิจัยในอนาคต	62
รายการอ้างอิง	63
ภาคผนวก	
ก. ประเภทของภาพที่ใช้ทดลองตรวจจับใบหน้า	65

	(7)
ข. ผลของการตรวจจับใบหน้าของกลุ่มการทดลอง	69
ค. MATLAB	76
ประวัติผู้เขียน	77



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดงกลุ่มของภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลอง	31
4.1 ตารางกลุ่มของการทดลอง	41
4.2 ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)	42
4.3 ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (A1)	42
4.4 ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)	43
4.5 ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (B1)	43
4.6 ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)	44
4.7 ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (C1)	44
4.8 ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)	45
4.9 ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (A2)	46
4.10 ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)	46
4.11 ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (B2)	47
4.12 ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)	47
4.13 ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (C2)	48
4.14 ตารางรวมผลของความถูกต้องในการตรวจนับจำนวนใบหน้า ของผลการทดลองที่สภาพแสงไม่สม่ำเสมอ	49
4.15 ตารางรวมผลของความถูกต้องในการตรวจนับจำนวนใบหน้า ของผลการทดลองที่สภาพแสงไม่สม่ำเสมอ	50
4.16 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้า (A1)	51
4.17 ค่าสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาด (A1)	51
4.18 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้า (B1)	52
4.19 ค่าสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาด (B1)	53

4.20 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้า (C1)	53
4.21 ค่าสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าของกลุ่ม (C1)	54
4.22 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)	54
4.23 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)	55
4.24 ค่าสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)	55
4.25 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)	56
4.26 ค่าสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)	56
4.27 ตารางรวมผลของความผิดพลาดในการตรวจจับจำนวนใบหน้า	57
4.28 ตารางรวมผลของความผิดพลาดในการตรวจจับจำนวนใบหน้า	58

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 รูปภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ	5
2.2 ภาพตัวอย่างภาพที่แปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา	8
2.3 ภาพตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงด้วยเทคนิคการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม	9
2.4 แสดงความแตกต่างของขนาดของระดับความเปรียบต่างระหว่างภาพที่มนุษย์มองเห็น	10
2.5 แสดงภาพของโทนคอมเพรสเซอร์	11
2.6 แสดงภาพของโทนแมปปิง	12
2.7 แสดงขั้นตอนการทำงานของมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์	13
2.8 แสดงการจำลองรูปแบบ Haar-like	16
2.9 แสดงการคำนวณความเข้มในพื้นที่สี่เหลี่ยม D	17
2.10 แสดงตัวอย่างภาพ Integral Image	18
2.11 แสดงการคำนวณพื้นที่ความเข้มขั้นในสี่เหลี่ยม D โดยวิธี Integral Image	19
2.12 แสดงตัวอย่างของตัวจำแนกแบบแข็งแกร่งที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ด้วย Adaboost	20
2.13 แสดงขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง	21
2.14 แสดงตารางพิกเซลของภาพดิจิทัล	22
2.15 แสดงรูปเมทริกซ์	22
2.16 แสดงภาพตัวอย่างแสงธรรมชาติ	25
2.17 แสดงภาพตัวอย่างแสงเทียม	25
2.18 แสดงคุณลักษณะของกล้องวงจรปิด	26
2.19 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิด	28
3.1 แสดงภาพตัวอย่างบุคคลทางการแพทย์	30
3.2 ภาพตัวอย่างภาพเต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)	32
3.3 ภาพตัวอย่างภาพเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)	32
3.4 ภาพตัวอย่างภาพหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)	33
3.5 ภาพตัวอย่างภาพเต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)	33
3.6 ภาพตัวอย่างภาพเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)	34
3.7 ภาพตัวอย่างภาพหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)	34
3.8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและทดลอง	35

3.9 ภาพโปรแกรม Matlab	36
3.10 ภาพโปรแกรม PyScripter	37



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันรูปภาพมีความสำคัญและประโยชน์ต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นใช้เพื่อสื่อความหมาย ความรู้สึก อารมณ์ รวมทั้งทัศนคติด้านต่างๆทั้งในด้านการใช้งานของส่วนบุคคลและการใช้งานในเชิงพาณิชย์ ซึ่งในยุคปัจจุบันกล่าวได้ว่าสื่อดิจิทัลเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็น สื่อโฆษณา โทรทัศน์ หรือ อินเทอร์เน็ต ล้วนแล้วแต่นำรูปภาพเข้ามาเป็นส่วนประกอบในการใช้งานเป็นอย่างมาก ทำให้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีรูปภาพเป็นส่วนหลักๆหลายๆอย่าง ยกตัวอย่าง เช่น ในยุคสมัยก่อนใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องฟิล์ม ซึ่งมีความยุ่งยากในการใช้งานและการนำไปใช้งาน จนปัจจุบันได้มีการพัฒนาจนเกิดกล้องที่เป็นกล้องดิจิทัล เช่น กล้องคอมแพค (Compact) , กล้อง Digital Single Lense Reflex (DSLR) และกล้องวงจรปิด (CCTV Camera) ซึ่งเหล่านี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย รูปภาพที่ได้จะถูกบันทึกลงในสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในรูปแบบของข้อมูลดิจิทัลทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานและการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่ารูปภาพกับเทคโนโลยี และอินเทอร์เน็ตมีการพัฒนาควบคู่กันมาโดยตลอด

ได้มีการศึกษาวิจัย และการพัฒนาเกี่ยวกับภาพถ่ายอยู่หลายงาน อาทิเช่น การวิจัยเกี่ยวกับการใช้ภาพนิ่ง (Brown, Lewis and Harcherood, 1969: หน้า 198;Heinech, Molenda and Russell, 1982: หน้า 84-85)ใน วิทยาดารงเกียรติศักดิ์ (2532: 231) ทั้งหมดได้กล่าวถึงการวิจัยและที่เกี่ยวกับการใช้งานภาพนิ่งไว้ว่ารูปภาพเป็นเครื่องมือที่ช่วยทำให้เกิดความสนใจที่มีประสิทธิภาพอีกทั้งยังช่วยในการตีความหมาย และการจดจำเนื้อหา รูปภาพที่ดียังช่วยในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมออกมาในรูปของรูปธรรม รูปภาพใช้งานเพราะไม่ต้องใช้อุปกรณ์มาก มีราคาถูกและรูปภาพใช้ได้หลายแบบและใช้ในการถ่ายทอดความรู้ให้แก่บุคคลได้ทุกระดับ ทุกสาขาวิชารูปภาพ หรือภาพถ่ายดังที่กล่าวมาอาจพอสรุปได้ว่า ภาพถ่ายช่วยทำให้เกิดความสนใจ เมื่อนำไปใช้ประกอบกับ การผลิตสื่อชนิดต่างๆก็ยิ่งให้ผลดียิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นประโยชน์ที่จะเกิดกับบุคคลเป้าหมาย อาทิเช่น ระบบเก็บข้อมูลรถที่เข้าและออกอาคารโดยใช้ภาพถ่ายของป้ายทะเบียนรถเพื่อประโยชน์ในด้านความปลอดภัย ระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนนโดยการนับจำนวนรถบนท้องถนนในภาพถ่ายด้วยกล้องวงจรปิดในแต่ละช่วงเวลา การประชุมทางไกลผ่านระบบ Teleconference) ทางการแพทย์โดยการเลือกใช้เทคนิคต่างๆกับภาพทาง

การแพทย์นี้ จะขึ้นอยู่กับเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์นั้นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ที่ช่วยให้แพทย์สามารถวิเคราะห์ภาพเหล่านั้นได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น โดยเทคนิคของการประมวลผลภาพมีมากมายหลายวิธีการ

การตรวจจับใบหน้ามนุษย์ (Face Detection) คือ กระบวนการค้นหาใบหน้าของบุคคลจากภาพ แล้วนำไปทำการประมวลผลภาพให้ภาพให้ภาพมีประสิทธิภาพดีขึ้น เพื่อให้ได้ภาพใบหน้ามนุษย์ที่ง่ายต่อการจำแนก อัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ในปัจจุบันก็มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีซึ่งอัลกอริทึม ภาพถ่ายใบหน้ามนุษย์ที่ตื้นนั้นมีส่วนช่วยในการจำแนกใบหน้ามนุษย์ได้แม่นยำและรวดเร็วขึ้นเป็นอย่างมาก แต่ปัญหาส่วนมากในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ที่ได้อยู่ที่ปัจจัยหลักนั้นก็คือ ภาพถ่ายใบหน้ามนุษย์ ผู้วิจัยจึงนำสมมุติฐานนี้ไปทดสอบ และพบว่าภาพที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอส่งผลต่อการประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ (Face Detection) ซึ่งภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอจากกล้องวงจรปิด (CCTV) ซึ่งเป็นอีกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่มีความสามารถบันทึกเหตุการณ์และช่วยตรวจสอบพฤติกรรม หรือวัตถุต้องสงสัยที่ ซึ่งจากการทดสอบภาพถ่ายใบหน้ามนุษย์จากกล้องวงจรปิดพบว่า สภาพแสงที่ไม่สม่ำเสมอจากกล้องวงจรปิดมีลักษณะสภาพแสงที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อการตรวจจับใบหน้าเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงสนใจที่นำภาพถ่ายใบหน้ามนุษย์จากกล้องวงจรปิดไปทดลอง ด้วยการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ (Face Detection) เพื่อหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงศึกษาและปรับปรุงภาพถ่ายใบหน้ามนุษย์เพื่อหาวิธีการที่มีผล ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับภาพใบหน้ามนุษย์ และยังมุ่งหวังว่าจะเป็นผลประโยชน์ในอีกทางหนึ่งในการแก้ปัญหาข้อจำกัดของการใช้งานภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดอีกด้วยเช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้า (Face detection) โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยทดลองกับภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิด (CCTV) ทั้งนี้เพื่อให้งานวิจัยดำเนินๆไปตามเป้าหมายจึงกำหนด วัตถุประสงค์ของงานวิจัยไว้ดังนี้

- 1) เพื่อศึกษาวิธีการตรวจจับใบหน้ามนุษย์จากภาพถ่ายโดยอัตโนมัติ
- 2) เพื่อศึกษาและออกแบบเทคนิคการปรับปรุงภาพถ่าย
- 3) เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับภาพใบหน้ามนุษย์

- 4) ทำการทดลองประสิทธิภาพการปรับปรุงภาพถ่ายใบหน้ามนุษย์จากภาพที่ได้
จากกล้องวงจรปิด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ภาพถ่ายที่นำมาใช้ทดลองเป็นภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิด (CCTV) ในช่วงเวลาต่างๆ แบ่งเป็นภาพถ่ายในที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมออยู่ในช่วงเวลา 07.00 น. ถึง 12.00 น. และภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมออยู่ในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 22.00 น.
- 2) ภาพถ่ายที่นำมาใช้ในทดลองเป็นภาพถ่ายที่เห็นใบหน้ามนุษย์ในลักษณะของใบหน้าตรง ในหลายมุมมองในมุมมององศาการมองลักษณะหน้าตรง และรูปภาพใบหน้าตรงที่มีวัตถุบดบัง เช่น หมวก และมีส่วนของบริเวณใบหน้าในภาพไม่จำกัด
- 3) ภาพถ่ายที่นำมาใช้ในการทดลองการตรวจจับใบหน้าจำกัดคือรูปภาพนิ่งนามสกุลไฟล์ (.jpg)

1.4 คำจำกัดความของศัพท์เฉพาะ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง กระบวนการจัดการและประมวลผล วิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศของรูปภาพดิจิทัล โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล

การตรวจจับใบหน้าของมนุษย์ (Face Detection) หมายถึง ขั้นตอนในการพิจารณาของคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางคอมพิวเตอร์เพื่อระบุข้อมูลในตำแหน่งที่จะบ่งบอกลักษณะใบหน้ามนุษย์ซึ่งประเมินโดยมนุษย์

การตรวจหาใบหน้าแบบฮาร์ (Haar-like Feature) หมายถึง วิธีการคำนวณเพื่อทำให้คอมพิวเตอร์สามารถค้นหาตำแหน่งของข้อมูลที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะ เช่น ใบหน้า ดวงตา ต่างๆ ของมนุษย์ โดยอาศัยแม่แบบในการค้นหาตรวจสอบใบหน้า

การปรับปรุงภาพด้วยมัลติสเตจไฮไดนามิคเรนจ์ (Multi-stage High Dynamic Range Technique) หมายถึง วิธีการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงภาพให้มีช่วงของความสว่างแสงให้ดีขึ้น ทำให้ภาพใกล้เคียงช่วงของระดับแสงที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้

สภาพแสงที่ไม่สม่ำเสมอ (Unsmooth Light) หมายถึง สภาพของแสงที่แตกต่างกัน ทำให้เมื่อแสงตกกระทบกับวัตถุ เช่น ใบหน้ามนุษย์ทำให้เกิดเงา และจุดมืดบนใบหน้า ยกตัวอย่างเช่น แสงจากในอาคาร และแสงนากนออาคารที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกันทำให้เกิดสภาพแสงที่ไม่สม่ำเสมอ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าแบบอัตโนมัติ และประยุกต์ใช้งานในงานเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัยจากกล้องวงจรปิด ที่ใช้งานในยุคปัจจุบันได้
- 2.) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ
- 3.) เป็นแนวทางให้การนำไปพัฒนาเกี่ยวกับการงานประมวลผลภาพถ่าย หรือใช้ประยุกต์ร่วมกับงานที่ใช้อุปกรณ์กล้องวงจรปิด เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของมนุษย์

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเทคนิควิธีในการประมวลผลภาพ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของภาพถ่ายใบหน้าจากกล้องวงจรปิดเพื่อนำไปใช้ในการตรวจจับใบหน้าแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดที่มีลักษณะของภาพที่มีแสงสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ โดยมีแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับหลักการประมวลผลภาพด้วยวิธี มัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจจับใบหน้า

2.4 ทฤษฎีภาพและแสง

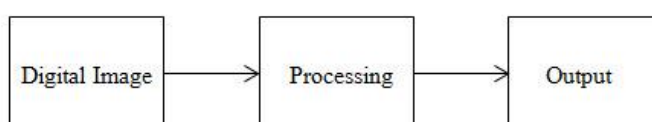
2.5 กล้องวงจรปิด

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การประมวลผลภาพดิจิทัล เป็นสาขาที่กล่าวถึงเทคนิคและอัลกอริทึมต่างๆ ที่ใช้การประมวลผลภาพที่อยู่ในรูปแบบดิจิทัล (รูปภาพ ดิจิตอล) ภาพในที่นี้ รวมความหมายถึงสัญญาณดิจิทัลใน 2 มิติอื่นๆ โดยทั่วไปคำนี้เมื่อใช้อย่างกว้างๆ จะครอบคลุมถึงสัญญาณวิดีโอ (Video) หรือภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะเป็นชุดของภาพหนึ่งเรียกว่า เฟรม (Frame) หลายๆภาพต่อกันไปตามเวลาซึ่งก็คือสัญญาณ 3 มิติ เมื่อนับเวลาเป็นมิติที่ 3 หรือ อาจจะครอบคลุมถึงสัญญาณ 3 มิติอื่นๆ เช่น ภาพ 3 มิติทางการแพทย์ หรือ อาจจะมากกว่านั้น เช่น ภาพ 3 มิติ และ หลายชนิด ซึ่งมีขั้นตอนดังภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1

รูปภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ



2.1.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) มีหลักการทำงานทั่วไป ดังนี้

รูปภาพ (Image) หมายถึง รูปภาพภาพในลักษณะสองมิติในหน่วยที่เรียกว่าพิกเซล ภาพดิจิทัลสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ $f(x,y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพสร้างที่ได้จาก อุปกรณ์รับภาพ เช่น กล้องดิจิทัล (digital cameras) เครื่องกราดภาพ (scanners) ภาพดิจิทัลยังสามารถสร้างโดยการสังเคราะห์จากสิ่งที่ไม่ใช่ข้อมูลภาพเช่น ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ หรือ แบบจำลองเรขาคณิตแบบสามมิติ ซึ่งการสร้างภาพลักษณะนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ (computer graphics)

กระบวนการทำงาน (Processing) หมายถึง ขั้นตอนในการโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลซึ่งกระบวนการต่างๆ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีการ ตัวอย่างเช่น

การแปลงข้อมูลรูปภาพ (Image Transformation) คือ การแปลงข้อมูลภาพ (Image Transformation) มีความจำเป็นมากในการทำการประมวลผลภาพ ยกตัวอย่างเช่น การทำ Template Matching Image Search Generalized Hough Transform ซึ่งการใช้ Image Transformation นั้น ใช้เพื่อต้องการ ทำการหมุนภาพ ปรับตำแหน่งของภาพ หรือเลื่อนภาพ เพื่อให้ อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม การเลื่อนภาพ (Translation) ใช้เพื่อทำการเลื่อนภาพให้ไปวางยังตำแหน่งใหม่ การหมุนภาพ (Rotation) ใช้เพื่อทำการหมุนภาพไปตามทิศทาง เช่น clockwise (ตามเข็มนาฬิกา) หรือ counterclockwise (ทวนเข็มนาฬิกา) โดยมีการระบุองศาที่จะทำการหมุนด้วยการย่อหรือขยายภาพ (Scaling) ใช้เพื่อทำการย่อ หรือ ขยายภาพโดยต้องมีการระบุจำนวนเท่าของภาพที่จะทำการย่อหรือขยายด้วยการบิดภาพ (Shearing) ใช้เพื่อทำการบิดภาพให้มีรูปทรงหรือทิศทางต่างไปจากเดิม ซึ่งสามารถระบุให้บิดภาพได้ทั้งในแนวแกน x และ y การแปลงข้อมูลภาพในสองมิติ. Image Processing & Computer Vision, (PTT). สืบค้นจาก www.rmuti.ac.th

การลดขนาดของภาพ (Image compression) คือ เป็นการลดขนาดจำนวนข้อมูลของรูปภาพทำให้ไฟล์ภาพมีขนาดเล็กลง เพื่อสะดวกแก่การจัดเก็บข้อมูล หรือ ส่งข้อมูล แต่ขณะเดียวกันข้อมูลในภาพก็จะต้องไม่หายไป รายละเอียดต่าง ๆ ในภาพก็ยังคงถูกเก็บรักษาไว้เหมือนเดิม Image coding และ Image compression เป็นการเข้ารหัสของข้อมูลภาพ เพื่อให้ภาพมีขนาดในการจัดเก็บที่เล็กลง และยังสามารถนำข้อมูลของภาพคืนมาได้อย่างถูกต้อง หลังจากมีการถอดรหัสแล้ว Lossless (Reversible) ไม่มีการสูญเสียข้อมูลในภาพภาพที่ถูกบีบอัด (Compression) เมื่อนำมาขยายให้เหมือนเดิมแล้ว (Decompression) จะไม่มีการสูญเสียข้อมูลไป จำเป็นมาในขั้นตอนการทำการวิเคราะห์ภาพ อัตราส่วนของการบีบอัดข้อมูล (Compression ration) โดยทั่วไป

จะมีค่า 2 ถึง 10 เท่า Lossy (Non reversible) มีการสูญเสียข้อมูลในภาพบางส่วน การแปลงข้อมูลภาพในสองมิติ. Image Processing & Computer Vision, (PTT). สืบค้นจาก www.rmuti.ac.th

การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณ เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือการเน้น (Enhance) หรือลดทอน (Attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ การกรองข้อมูลภาพ คือ การประมวลผลภาพอย่างหนึ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากในการใช้งานจริงภาพที่ได้มามักมีสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย การกรองข้อมูลภาพสามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เหมาะแก่การประมวลผล การกรองโดยการเฉลี่ยจากหลายภาพ. สืบค้นจาก fivedots.coe.psu.ac.th

การแบ่งภาพ (Image Segmentation) คือ การแบ่งภาพออกเป็นหลายๆพื้นที่ (Regions) หรือวัตถุหลายชนิด

การแปลงความเข้มแสงด้วยเทคนิคการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Histogram Equalization) คือ การใช้กราฟของภาพเพื่อกำหนดฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) โดยหลักการ คือ การปรับปรุงค่าความคมชัดของภาพในแง่ของสถิติ แต่ไม่ใช่การปรับปรุงคุณภาพในแง่ของการมองเห็นและการรับรู้ การแปลงข้อมูลภาพในสองมิติ. Image Processing & Computer Vision, (PTT). สืบค้นจาก www.rmuti.ac.th

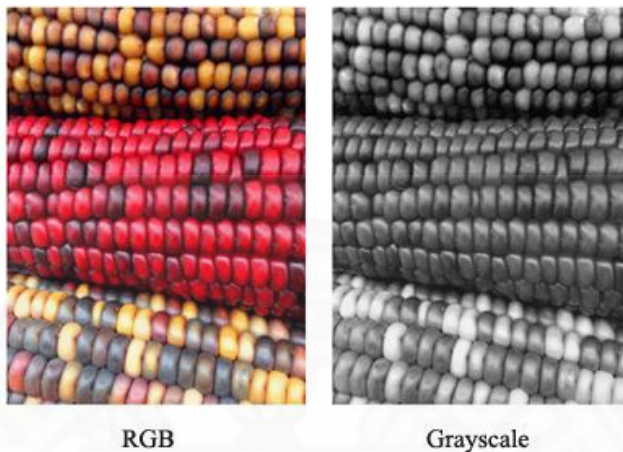
ผลลัพธ์ของรูปภาพ (Output) หมายถึงผลที่ได้จากการประมวลผล ผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับเทคนิคและวิธีการในการระบวนการประมวลผลการทำงานของคอมพิวเตอร์

2.1.2 การแปลงรูปภาพสีเป็นรูปภาพระดับเทา (Convert RGB Image to Grayscale Image)

การแปลงรูปภาพสีเป็นรูปภาพระดับเทา หมายถึงการเปลี่ยนรูปแบบของรูปภาพดิจิทัลจาก ภาพดิจิทัลที่เป็นรูปภาพสี (RGB) แปลงให้อยู่รูปของรูปภาพระดับเทา (Grayscale Image) ดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2

ภาพตัวอย่างภาพที่แปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา



การแปลงรูปภาพสีเป็นรูปภาพระดับเทา มีสมการการดัง (สมการที่ 2.1)

$$\text{Grayscale} = 0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B \quad (2.1)$$

R หมายถึง ค่าของพิกเซลของสีแดงในตำแหน่งนั้น

G หมายถึง ค่าของพิกเซลของสีเขียวในตำแหน่งนั้น

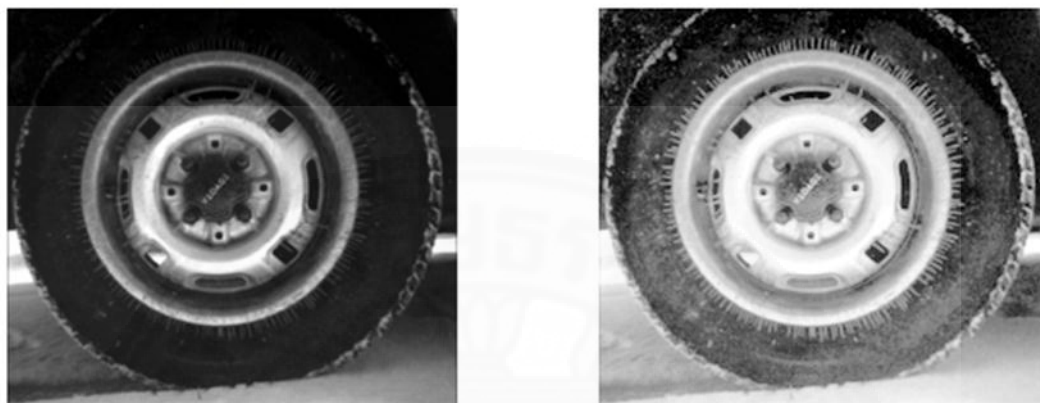
B หมายถึง ค่าของพิกเซลของสีน้ำเงินในตำแหน่งนั้น

2.1.3 การปรับปรุงคุณภาพของภาพบนพื้นฐานของค่าฮิสโตแกรม

การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงด้วยเทคนิคการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มหรือการกระจายฮิสโตแกรมแบบสม่ำเสมอ (Histogram Equalization) ในการปรับปรุงภาพสามารถใช้ฮิสโตแกรมของภาพเพื่อกำหนดฟังก์ชันการแปลงระดับความเข้มแสงแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) (ดังภาพที่ 2.3)

ภาพที่ 2.3

ภาพตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงด้วยเทคนิคการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม



หมายเหตุ. จาก <http://www.mathworks.com/help/matlab/>

หลักการคือ การทำให้ฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็น (PDF) ของค่าความเข้มแสงของภาพมีการกระจายออกทำให้ความสูงของ (PDF) ของค่าความเข้มแสงของภาพมีการกระจายออกทำให้ความสูงของ PDF นั้นแบนราบลงคือทำให้ PDF สำหรับค่าความเข้มแสงหลังการแปลง (s) นั้นมีการกระจายให้เข้าใกล้รูปแบบยูนิฟอร์มที่สุด คือ ไม่ว่า s จะมีค่าเท่าใดก็มี PDF ของ $s(p(S))$ เท่ากับ '1' เพื่อให้เป็นแบบยูนิฟอร์มในลักษณะดังกล่าวนี้เป็นดัง (สมการที่ 2.2) (รศ.ดร.สมเกียรติ อุดมพระชากุล, (2554)

$$h(v) = \text{round} \left(\frac{\text{cdf}(v) - \text{cdf}_{\min}}{(M \times N) - \text{cdf}_{\min}} \times (L - 1) \right) \quad (2.2)$$

$h(v)$ หมายถึง ค่าของภาพระดับสีเทาใหม่หลังการทำ Histogram Equalization

round หมายถึง การปัดเศษในสมการ

$\text{cdf}(v)$ หมายถึง ค่าความถี่สะสม ณ ตำแหน่งค่าระดับสีเทาที่ต้องการหา

cdf_{\min} หมายถึง ค่าความถี่สะสมต่ำสุด

L หมายถึง ค่าระดับสีเทา

M และ N หมายถึง จำนวน Row และ Column

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับหลักการประมวลผลภาพด้วยวิธี มัลติสแตจไฮไดนามิคเรนจ์

ไฮไดนามิคเรนจ์ (High Dynamic Range) คือ เทคนิคของการถ่ายภาพ ที่มีอัตราส่วนระหว่างความเข้มของแสงสูงสุด ต่อ ความเข้มของแสงต่ำสุด ที่เซ็นเซอร์ของกล้องดิจิตอลจะสามารถบันทึกได้ (ดังในภาพที่ 2.4) ในการถ่ายภาพครั้งเดียว ปัญหาของกล้องถ่ายภาพดิจิตอลคือ ภาพถ่ายวิวทิวทัศน์ต่างๆ นั้น มีระดับของสีที่แตกต่างกันมากเกินกว่าที่เซ็นเซอร์ของกล้องดิจิตอลจะสามารถจับมาได้หมดในการถ่ายภาพครั้งเดียว ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้เกิดขึ้นไม่ว่าแต่กล้องดิจิตอลระดับ DSLR (Digital Single Lens Reflect) แต่ในการมองเห็นภาพของมนุษย์นั้นสามารถทำได้ดีกว่า เพราะตามนุษย์มีอัตราส่วนระหว่างความเข้มของแสงสูงสุดต่อ ความเข้มของแสงต่ำสุดที่มากกว่ากล้องมาก (ดังในภาพที่ 2.4) P.Kla (2555)

ภาพที่ 2.4

แสดงความแตกต่างของขนาดของระดับความเปรียบต่างระหว่างภาพที่มนุษย์มองเห็นและภาพจากกล้องถ่ายภาพ

Human eye



Digital camera CMOS/CCD sensor



หมายเหตุ. จาก <http://www.photography-101.co.uk>

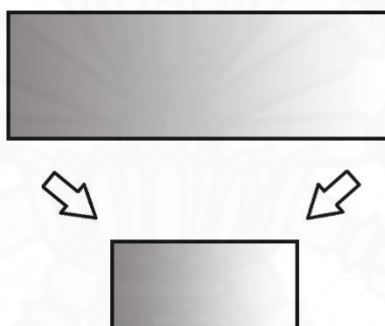
ไฮไดนามิคเรนจ (High Dynamic Range) คือ ความสามารถในการสร้างภาพที่มีช่วงการรับแสงสูงกว่าปกติ ที่กล้องดิจิตอลทั่วไปจะสามารถทำได้ เป็นภาพที่มีความสว่างชัดเจนทั่วทั้งภาพและดูมีมิติปกติกกล้องดิจิตอลที่เราใช้กันจะมีช่วงการรับแสง จากเงามืด (shadow) ที่มีรายละเอียดถึงส่วนสว่าง (Highlight) ที่มีรายละเอียดประมาณ 6-9 สตอปทำให้เมื่อต้องถ่ายภาพในสภาพแสงที่แตกต่างกันมากๆ เช่น การถ่ายภาพย้อนแสง หรือการถ่ายภาพกลางแจ้ง หรือเนบิวลาสว่าง ที่มีแสงแตกต่างกัน จะสูญเสียความสามารถในการเก็บรายละเอียดของส่วนมืด หรือไม่กี่ส่วนสว่างในภาพไปการทำไฮไดนามิคเรนจ์ (HDR) โดยหลักการแล้ว จึงเป็นการจำลองสภาพที่ตามองเห็นขึ้นมา โดยการนำภาพที่ถ่ายโดยปรับความสว่าง (Exposure) ต่างกันหลายๆระดับ มาประมวลผล

รวมกันให้สามารถเห็นรายละเอียดทั้งส่วนที่สว่างหรือมืดได้ คล้ายตามนุษย์มากขึ้น ศุภฤกษ์ คฤหานนท์ (2555)

การทำไฮไดนามิคเรนจ์ (HDR) มีเทคนิคในการทำอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายคือ โทนครอมเพรสเซอร์ (Tone compressor) หรือเรียกว่า การบีบอัดไฮไดนามิคเรนจ์ (Dynamic Range) ที่สูงให้มาอยู่ในรูปแบบที่มีช่วงของ ไฮไดนามิคเรนจ์ (Dynamic Range) ที่ต่ำ ภาพที่ได้จะมีความคมชัดเพิ่มมากขึ้นจากปกติ (ดังในภาพที่ 2.5) BOTTLE (2008)

ภาพที่ 2.5

แสดงภาพของโทนครอมเพรสเซอร์



โทนมแมปปิง (Tone Mapping) เป็นอีกเทคนิควิธีที่นิยมใช้ในการทำไฮไดนามิคเรนจ์ (HDR) ซึ่งนิยมทำในภาพสามมิติที่เรนเดอร์จาก โปรแกรม 3D หรือ เกมส์ ทั้งหลาย โทนมแมปปิง (Tone Mapping) เรียกได้ว่าเป็นการ “ตัดแปะ” โทนของแต่ละช่วงมาต่อกันเป็นภาพใหม่ทำให้ภาพที่ได้ยังคงรายละเอียดและความคมชัดทั้งในส่วนที่มืด และสว่างได้ดี (ดังภาพที่ 2.6) เทคนิคนี้จะช่วยทำให้ภาพที่ได้ออกมาเป็นธรรมชาติเหมือนที่ตามนุษย์มองเห็นมาก BOTTLE (2008)

ภาพที่ 2.6
แสดงภาพของโทนแมปปิง



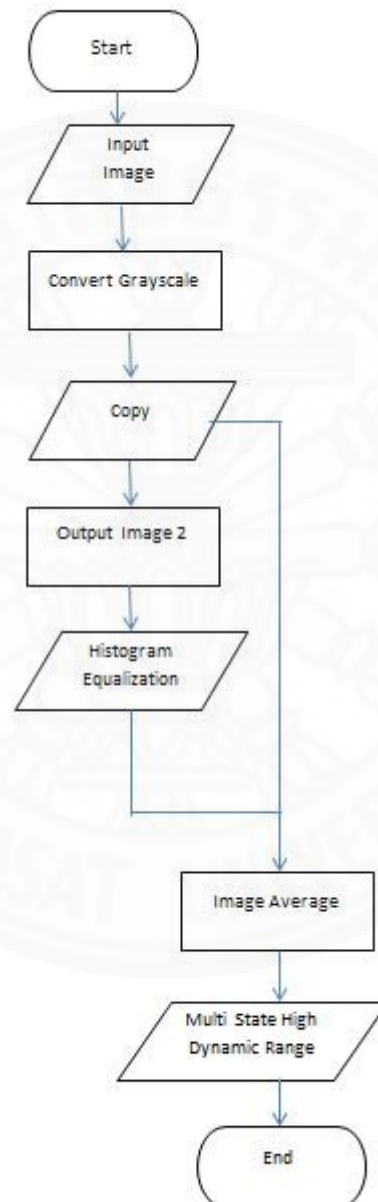
ถ้าถ่ายภาพแบบไฮไดนามิคเรนจ์ (HDR) ก็จะทำให้ได้ภาพที่มีความสว่างชัดเจนทั่วทั้งภาพทั้งส่วนเงามืด (shadow) ถึงส่วนสว่าง (Highlight) ซึ่งปัจจุบันก็มีกล้องบางรุ่นได้พัฒนากล้องให้สามารถถ่ายภาพอย่างที่เราเห็นมากที่สุด ตอนนี้ก็มีทั้งกล้องคอมแพคต์ และกล้อง D-SLR ที่มีระบบการถ่ายภาพแบบไฮไดนามิคเรนจ์ (HDR) ออกมาโดยการกดชัตเตอร์ถ่ายภาพเพียงครั้งเดียว กล้องจะทำการถ่ายภาพตั้งแต่ช่วงแสงสว่างน้อยสุดไปจนถึงสว่างมากที่สุด แล้วนำไปประมวลผลภาพออกมา ซึ่งขณะถ่ายภาพจะสามารถได้ยินเสียงชัตเตอร์รัวหลายครั้ง ในการถ่ายหน้านั้นคำว่าแบบไฮไดนามิคเรนจ์ (High Dynamic Range) นั้นหมายถึงช่วงการรับแสงตั้งแต่สว่างน้อยสุดไปจนถึงสว่างมากที่สุดที่กล้องจะสามารถให้รายละเอียดได้ โดยขึ้นอยู่กับความสามารถของเซนเซอร์รับภาพ (Image Sensor) และระบบประมวลผลภาพ แต่ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาเซนเซอร์รับภาพให้สูงขึ้น ก็ยังไม่สามารถเก็บรายละเอียดเท่ากับตามนุษย์ จึงต้องพัฒนาระบบประมวลผลภาพร่วมด้วยในทางดาราศาสตร์ การถ่ายภาพวัตถุท้องฟ้า หรือแม้กระทั่งภาพประเภทวัตถุระยะไกลบนท้องฟ้า (Deep Sky Object) ปัจจุบันก็นิยมนำเอาเทคนิคการถ่ายภาพแบบไฮไดนามิคเรนจ์ (HDR) มาประยุกต์ใช้ไม่น้อย เพื่อให้สามารถเก็บรายละเอียดได้ครบถ้วนตั้งแต่ช่วงแสงสว่างน้อยสุดไปจนถึงสว่างมากที่สุด ศุภฤกษ์ คฤหานนท์ (2555)

2.2.1 หลักการทำงานของมัลติสเตจไฮไดนามิคเรนจ์ (Multi-stage High Dynamic Range)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและประยุกต์เทคนิควิธีการประมวลผลภาพต่างๆ เพื่อนำมาเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้า ผู้วิจัยได้เรียกเทคนิควิธีนี้ว่า “มัลติสเตจไฮไดนามิคเรนจ์” (Multi-stage High Dynamic Range) โดยมีการทำงานหลักๆ อยู่ 4 ขั้นตอน (ดังภาพที่ 2.7)

ภาพที่ 2.7

แสดงขั้นตอนการทำงานของมัลติสเตจไฮไดนามิคเรนจ์



ขั้นตอนที่ 1 เริ่มการทำงาน นำภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดที่เตรียมไว้ มาทำการ
คัดลอกภาพเป็น 2 ภาพที่เหมือนกัน

ขั้นตอนที่ 2 นำทั้งสองภาพมาทำการแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา (RGB Image to Grayscale Image)

ขั้นตอนที่ 3 นำหนึ่งภาพจากสองภาพมาทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงด้วยเทคนิคการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มหรือการกระจายฮิสโตแกรมแบบสม่ำเสมอ (Histogram Equalization)

ขั้นตอนที่ 4 นำทั้งสองภาพมาหาค่าเฉลี่ยของภาพจากกระบวนการทำไฮไดนามิกเรนจ์ (High Dynamic Range) แล้วนำไปใช้ในการทดลองตรวจหาใบหน้าต่อไป

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจจับใบหน้า

วิธีการพื้นฐานในการตรวจจับใบหน้าในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มจำแนกตามวิธีการได้ดังนี้

2.3.1 วิธีเชิงฐานความรู้ (Knowledge-based methods) เป็นวิธีการที่ใช้กฎเกณฑ์พื้นฐานความรู้ของมนุษย์ของส่วนประกอบสำคัญบนใบหน้า เช่น ในงานวิจัยของ Yang ในปี 1994 และ งานวิจัยของ Kotropoulos และ Pitas ในปี 1997 ได้ใช้กฎเกณฑ์ประกอบในการตัดสินใจ โดยที่สังเกตจากคุณสมบัติความเข้มของพิกเซลภาพทั้งในแนวตั้ง และแนวนอน ซึ่งในรูปที่มีใบหน้าจะต้องประกอบด้วยลักษณะของดวงตา 2 ดวง ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่สมมาตรกันในแนวระนาบ ทั้งสองด้าน จะต้องมียอดหนึ่งจุด และหนึ่งปาก ซึ่งจุดสำคัญดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กันโดยใช้ระยะทางและตำแหน่งตามกฎเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้อุปสรรคที่สำคัญของวิธีการนี้ คือ การหากฎเกณฑ์ที่จำเพาะเจาะจงซึ่งใช้ในการจำแนกหน้าของมนุษย์นั้นทำได้ยาก เพราะถ้าหากกฎเกณฑ์นั้นระบุรายละเอียดมากเกินไปจะมีผลทำให้การตรวจจับใบหน้าทำได้ยาก (เนื่องจากไม่มีใบหน้าใดผ่านเกณฑ์เลย) หรือถ้าเกณฑ์ของใบหน้านั้นรายละเอียดน้อยเกินไปก็จะทำให้การตรวจจับใบหน้าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ง่าย (จะตรวจจับสิ่งที่ไม่ใช่ใบหน้าด้วย) และนอกเหนือจากนั้นในการหากฎเกณฑ์สำหรับการตรวจจับใบหน้าที่มีตำแหน่งทิศทางนอกเหนือไปจากใบหน้าตรงนั้นก็ยังทำได้ยากและซับซ้อนมาก

2.3.2 วิธีใช้คุณสมบัติเฉพาะ (Feature invariant approaches) คือ วิธีการนี้ใช้สำหรับการค้นหาลักษณะเด่น (Feature) ที่แตกต่างกันของแต่ละใบหน้าที่ใช้ในการตรวจจับสมมุติฐานของวิธีดังกล่าวตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตของมนุษย์ซึ่งสามารถที่จะจดจำวัตถุใด ๆ ได้ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการจัดวาง หรือสภาพแสงที่แตกต่างกัน เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีคุณลักษณะบางอย่างที่ไม่ขึ้นอยู่กับผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ในการตรวจหาลักษณะเด่นบนใบหน้า มี

วิธีการอยู่หลายวิธีที่มีการนำเสนอ เช่น ในงานวิจัยของ Yow และ Cipolla ในปี 1998 ลักษณะเด่นของขนคิ้ว ดวงตา จมูก ปาก และเส้นผม จะถูกดึง (Extract) ออกมา โดยการตรวจจับขอบ (Edge Detection) จากนั้นจึงใช้โมเดลทางสถิติในการ อธิบายถึงความสัมพันธ์ และยืนยันการตรวจพบใบหน้าปัญหาหนึ่งของวิธีการนี้คือ คุณลักษณะบนใบหน้าสามารถถูกทำลายได้โดยง่ายด้วยสภาพแสง สัญญาณรบกวน และการถูกบดบัง อีกทั้งขอบของจุดเด่นบนใบหน้าอาจจะตรวจพบได้ยากในบางกลุ่มใบหน้า รวมถึงสภาพแสงเงาก็ยังมีผลกระทบโดยตรงกับการตรวจจับขอบของวัตถุ

2.3.3 วิธีจับคู่ต้นแบบ (Template matching methods) วิธีการนี้ใช้แม่แบบมาตรฐาน (Standard Template) ของใบหน้า (โดยปกติเป็นหน้าตรง) ที่ถูกกำหนดเองด้วยมือ (Manual) หรือ กำหนดโดยฟังก์ชัน เช่น ในงานวิจัยของ Scassellati ในปี 1998 ได้กำหนดแม่แบบของใบหน้าซึ่งประกอบด้วย 16 พื้นที่ และ 23 ความสัมพันธ์ ใบหน้าที่รับเข้ามาจะนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Value) กับใบหน้าที่เป็นรูปแบบมาตรฐาน (Standard Pattern) ในส่วนของโครงหน้า ดวงตา จมูก และปาก อย่างอิสระจากกัน การปรากฏอยู่ของใบหน้าในรูปภาพนั้นหาได้จากค่าสหสัมพันธ์เป็นหลัก วิธีการนี้มีข้อดีคือค่อนข้างทำได้ง่าย แต่ประสิทธิภาพการตรวจจับใบหน้านั้นยังไม่ดีเท่าที่ควรซึ่งเกิดจากผลของขนาดตำแหน่งการวาง และรูปทรงของใบหน้าที่แตกต่างจากแม่แบบมาตรฐาน

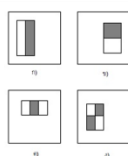
2.3.4 วิธีเชิงลักษณะที่มองเห็นได้ (Appearance-based methods) วิธีการนี้จะใช้โมเดลที่ได้มาจากการเรียนรู้ของกลุ่มของรูปภาพตัวอย่าง ทั้งที่เป็นใบหน้า และไม่ใช้ใบหน้า โดยทั่วไปแล้ววิธีการนี้จะอยู่บนพื้นฐานของเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติ และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งใช้ในการหาคุณลักษณะความสัมพันธ์ของรูปใบหน้า และรูปที่ไม่ใช่ใบหน้า คุณลักษณะที่ได้รับการเรียนรู้จะถูกจัดในรูปแบบของแบบจำลองการกระจาย (Distribution Models) หรือ ฟังก์ชันการจำแนก (Discriminant Functions) ในขณะเดียวกันการลดมิติ (Dimension Reduction) ก็ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณ และการตรวจจับใบหน้าอีกด้วย เช่น ในงานวิจัยของ Sung และ Poggio ในปี 1998 ได้ประมาณฟังก์ชันความหนาแน่นของรูปแบบหน้า และไม่ใช่หน้าด้วยการใช้กลุ่มของเกาส์เซียน (Gaussian) จากการศึกษาในเรื่องการตรวจจับใบหน้าในรอบทศวรรษที่ผ่านมาพบว่าวิธีการวิธีเชิงลักษณะที่มองเห็นได้ (Appearance-based) แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการอื่นๆ โดยเฉพาะงานวิจัยที่นำเสนอโดย Viola และ Jones ในปี 2001 มีความสามารถที่จะตรวจจับใบหน้าได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้ได้งานได้จริง เช่น ใช้ในกล้องถ่ายรูปดิจิทัล และใช้ในซอฟต์แวร์จัดการรูปภาพ

2.3.5 วิธีการตรวจจับใบหน้าของ Viola-Jones Paul viola และ Michael J. Jones เทคนิคการตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีนี้ได้นำเสนอเทคนิคการตรวจจับใบหน้าที่มีความเร็วและมีความถูกต้องในการตรวจจับสูงในปี 2001 เทคนิคการตรวจจับใบหน้าของ Viola-Jones เป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับและรู้จักในงานวิจัยเรื่องการตรวจจับใบหน้าเป็นอย่างมาก โดยเทคนิคการตรวจจับใบหน้า Viola-Jones นี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน การคำนวณรูปแบบการจำลองด้วย Integral Image การค้นหาแบบจำลองด้วย Adaboost และการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง (Cascaded Classifier) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ หลักการพื้นฐานของเทคนิคการตรวจจับใบหน้าของ Viola-Jones คือ การนำภาพที่ต้องการตรวจหาใบหน้ามาแบ่งเป็นภาพย่อย (Sub-window) จากนั้นภาพย่อยดังกล่าวจะถูกพิจารณาเป็นภาพอินพุตของกระบวนการตรวจหาใบหน้า เทคนิคทั่วไปในการตรวจหาใบหน้าจะทำการปรับขนาดของภาพอินพุตแตกต่างกันหลาย ๆ ขนาด และใช้ตัวตรวจจับ (Detector) ที่มีขนาดคงที่ค้นหาวัตถุ ข้อเสียของการตรวจจับใบหน้าแบบนี้คือ ระยะเวลาในการคำนวณไม่คงที่ ดังนั้น Viola-Jones จึงเสนอเทคนิคการตรวจจับใบหน้าใหม่ โดยใช้การจำลองรูปแบบ Haar-like เป็นตัวตรวจจับ ทำการปรับขนาดของตัวตรวจจับแทนการปรับขนาดภาพอินพุต และใช้ตัวตรวจจับทำการตรวจจับใบหน้าหลาย ๆ รอบ โดยแต่ละรอบใช้ขนาดของตัวตรวจจับแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีเดิมพบว่า เวลาที่ใช้ในการคำนวณไม่ได้แตกต่างกันมาก แต่ใช้เวลาในการคำนวณการตรวจจับภาพใบหน้าแต่ละรอบมีค่าคงที่ แม้ขนาดของตัวตรวจจับจะแตกต่างกันก็ตาม เทคนิคที่ Viola-Jones นำเสนอนี้จะทำการคำนวณการจำลองรูปแบบ Haar-like จาก "การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ Haar-like," โดย รุสลี สุทธิวีร์กุล, และ วิไลพร แซ่ลี, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒปีที่ 6, น.2-5.

2.3.5.1 ขั้นตอน Integral image

ภาพที่ 2.8

แสดงการจำลองรูปแบบ Haar-like

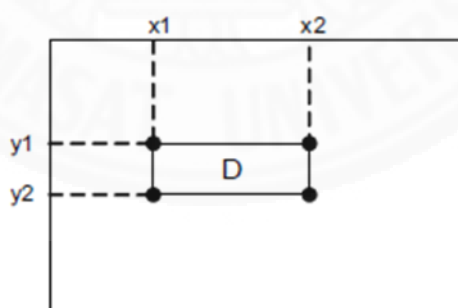


ตัวอย่างของการจำลองรูปแบบ Haar-like ที่ใช้ในเทคนิคการตรวจจับใบหน้าของ Viola-Jones (ดังแสดงใน รูปที่ 2.8) โดยแต่ละลักษณะเด่นจะประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยม 2 ประเภท คือ ส่วนที่แรเงา และส่วนที่ไม่ได้แรเงา การหาค่าการจำลองรูปแบบ Haar-like คือการหาผลต่างระหว่างความเข้มในส่วนที่แรเงากับส่วนที่ไม่ได้แรเงา จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่ง (Threshold) กับขั้ว (Polarity) ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าภาพที่รับเข้ามาควรถูกจัดให้เป็นบวก (ภาพใบหน้า) หรือเป็นลบ (ไม่ใช่ภาพใบหน้า) ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปพิจารณาในขั้นตอนต่อไป

ตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Haarlike ที่ (แสดงในรูปที่ 2.8) มีด้วยกัน 3 แบบคือ การจำลองรูปแบบ Haarlike ที่ประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยมสองภาพหรือ Two-rectangle feature (รูปที่ 2.8 ก และ ข) การจำลองรูปแบบ Haarlike ที่ประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยมสามภาพ หรือ Three-rectangle feature (รูปที่ 2.8 ค) และการจำลอง รูปแบบ Haar-like ที่ประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยมสี่ภาพ หรือ Four-rectangle feature (รูปที่ 2.8 ง) จาก "การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ Haar-like," โดย รุสลี สุทธิวีร์กุล, และ วิไลพร แซ่ลี, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒปีที่ 6, น.2-5.

ภาพที่ 2.9

แสดงการคำนวณความเข้มในพื้นที่สี่เหลี่ยม D



วิธีการทั่วไปในการหาค่าผลรวมความเข้มของพื้นที่สี่เหลี่ยมใด ๆ ในรูปภาพ สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ (ดังภาพที่ 2.3)

สมการที่ 2.3

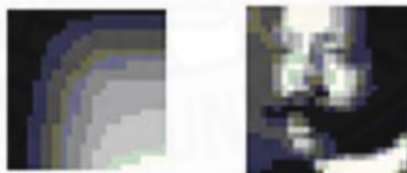
แสดงสมการ Haar-like

$$i_s(x_1, x_2, y_1, y_2) = \sum_{x=x_1}^{x_2} \sum_{y=y_1}^{y_2} i(x, y) \quad (2.3)$$

จากสมการใน (ภาพที่ 2.3) ค่าของ $i(x, y)$ แทนค่าความเข้มที่จุด x และ y ในรูปภาพ $i_s(x_1, x_2, y_1, y_2)$ แทนผลรวมความเข้มภายในพื้นที่สี่เหลี่ยม โดยที่ x_1 x_2 y_1 และ y_2 เป็น พิกัดมุมทั้งสี่ของรูปสี่เหลี่ยม จากสมการที่ 1 จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของรูปสี่เหลี่ยม ในการเพิ่มประสิทธิภาพ Viola และ Jones ได้ นำเสนอให้ใช้เทคนิคที่เรียกว่า Integral Image ในการคำนวณการจำลองรูปแบบ Haar-like เทคนิค Integral image คือ การรวมความเข้ม (Intensity) ของแต่ละพิกเซลเข้าด้วยกัน (ดังรูปที่ 2.10 ก) แสดง Integral image (ดังรูป 2.10 ข)

ภาพที่ 2.10

แสดงตัวอย่างภาพ Integral Image



ก)

ข)

การคำนวณหา Integral image ที่จุด (x, y) สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ (ดังสมการที่ 2.4)

สมการที่ 2.4

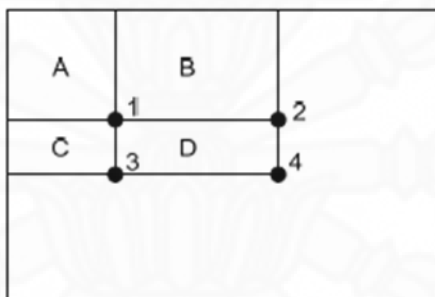
แสดงสมการ Integral image ที่จุด (x, y)

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (2.4)$$

เมื่อ $ii(x,y)$ คือ ค่าของ Integral image ที่ตำแหน่ง จุดที่ตำแหน่งจุด (x,y) และ $i(x',y')$ คือ ค่าความเข้มในแต่ละพิกเซลของภาพต้นฉบับ ตัวอย่างการคำนวณหาค่าผลรวมความเข้มของพื้นที่สี่เหลี่ยม D โดยใช้ค่า Integral image จำนวน 4 จุด ผลลัพธ์ที่ได้คือ $4+1-(2+3)$ (ดังแสดงในรูปที่ 2.11) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่ว่าสี่เหลี่ยมจะมีขนาดเท่าใดก็จะใช้เวลาในการคำนวณค่าผลรวมความเข้มคงที่

ภาพที่ 2.11

แสดงการคำนวณพื้นที่ความเข้มขั้นในสี่เหลี่ยม D โดยวิธี Integral Image

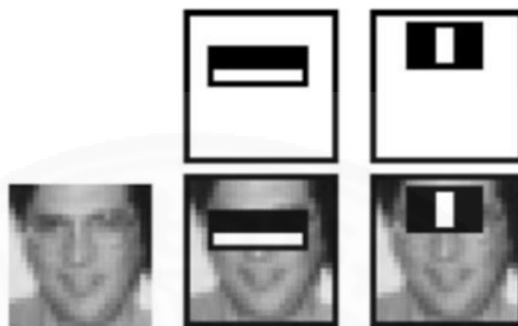


2.3.5.2 ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยวิธี Adaboost

เทคนิคการตรวจจับใบหน้าของ Viola-Jones ในขั้นตอนนี้จะนำการจำลองรูปแบบ Haar-like ที่ได้จากขั้นตอนแรกมาเข้ากระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่เรียกว่า “Adaptive Boost” หรือ “Adaboost” ซึ่งกระบวนการนี้ใช้การเร่งหาตัวจำแนก แบบอ่อนแอ และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักที่ทำให้ค่า ผิดพลาดน้อยที่สุด (ดังแสดงในภาพที่ 2.12) ในแต่ละรอบของกระบวนการ เพื่อ สร้างตัวจำแนกแบบแข็งแกร่ง (Strong Classifier)

ภาพที่ 2.12

แสดงตัวอย่างของตัวจำแนกแบบแข็งแกร่งที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ด้วย Adaboost



จาก (ภาพที่ 2.12) คือตัวอย่างของการจำลองรูปแบบ Haar-like สองลำดับแรกที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธี Adaboost มีการจำลองรูปแบบ Haar-like แรกเป็นการจำลองรูปแบบ Haarlike ที่ได้จากความแตกต่างบริเวณดวงตาซึ่งจะมีค่ากว่าบริเวณส่วนบนของโหนกแก้ม สำหรับการจำลองรูปแบบ Haar-like ตัวที่สองได้จากความแตกต่างบริเวณดวงตาสองข้างซึ่งจะมีค่ากว่าบริเวณสันจมูก จาก "การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ Haar-like," โดย รุสลี สุทธิวีร์กุล, และ วิไลพร แซ่ลี, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒปีที่ 6, น.2-5.

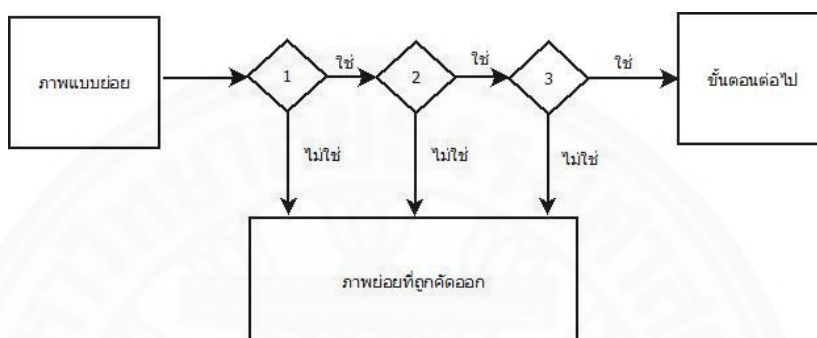
2.3.5.3 ขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง

การรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง คือขั้นตอนที่ 3 ที่ Viola-Jones นำเสนอเป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับให้มีความถูกต้อง และยังใช้เวลาในการคำนวณลดลงด้วย โดยแนวความคิดของขั้นตอนนี้ คือ การสร้างการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง (Cascaded Classifier) โดยเทคนิคนี้จะนำตัวจำแนก (Classifier) หลาย ๆ ตัวต่อกันเป็นลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 2.13) โดยที่ตัวจำแนกในลำดับต้นๆ มักจะมีความซับซ้อนที่น้อยกว่า อาจสร้างมาจากตัวจำแนกแบบอ่อนแอม่ก็ตัวเพื่อลดปริมาณการคำนวณและลดระดับของค่าแบ่งขีด (Threshold) ลง เพื่อเพิ่มลดการความผิดพลาดในการตรวจจับไม่พบใบหน้า ซึ่งภาพย่อยที่ถูกจัดประเภทเป็นไม่ใช่ใบหน้า (Non-face) จะถูกทิ้งไปเป็นจำนวนมากในลำดับต้นๆ ในทางตรงข้าม ถ้าภาพย่อยนั้นถูกจำแนกว่ามีโอกาสเป็นภาพใบหน้า จะถูกส่งต่อไปยังตัวจำแนกตัวถัดไปซึ่งมีความซับซ้อนสูงขึ้นไปตามลำดับ และกล่าวได้ว่ายังมีจำนวนขั้นของตัวจำแนกมากเท่าใด โอกาสที่ภาพย่อยจะเป็นใบหน้าจะ

ยังมีมากขึ้น จาก "การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ Haar-like," โดย รุสตี สุทธิวีร์กุล, และ วิไลพร แซ่ลี, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒปีที่ 6, น.2-5.

ภาพที่ 2.13

แสดงขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง



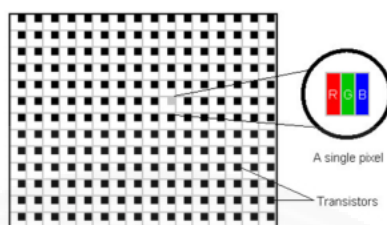
2.4 แนวคิดและทฤษฎีภาพและแสง

2.4.1 ภาพดิจิทัล (Digital Images)

ภาพดิจิทัล (Digital Images) คือ การจับภาพจากสิ่งแวดล้อม หรือทำสำเนาภาพจากเอกสารให้อยู่ในรูปแบบของอิเล็กทรอนิกส์ เช่น รูปถ่าย เอกสารที่เขียนด้วยมือ เอกสารพิมพ์ และพิมพ์เขียว เป็นต้น โดย Digital images จะอยู่ในรูปของแผ่นตารางโดยแต่ละช่องจะเป็นส่วนหนึ่งของภาพหรืออักษร เรียกแต่ละจุดหรือช่องนั้นว่า "pixel" แต่ละพิกเซลจะถูกกำหนดให้มีระดับของความเข้ม (สีดำ สีขาว สีเทาหรือสีอื่นๆ) ซึ่งแสดงให้อยู่ในรูปของ รหัส Binary (0 และ 1) แต่ละพิกเซล ก็จะแทนด้วย Binary digital ("bits") ดังแสดงใน (ภาพที่ 2.14) จะถูกเก็บเป็นลำดับในคอมพิวเตอร์ และโดยทั่วไปจะถูกลดขนาดลงด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ (บีบอัดให้เล็กลง) แต่ละ Bit จะถูกแปลและอ่านโดย คอมพิวเตอร์ให้เป็นแบบอานาล็อก ซึ่งเป็นรูปภาพ หรือแผ่นพิมพ์ "ความหมายของภาพดิจิทัล," จเรวัฒน์ เทวรัตน์, สืบค้นจาก <http://www.stou.ac.th/>

ภาพที่ 2.14

แสดงตารางพิกเซลของภาพดิจิทัล

หมายเหตุ. จาก <http://patchapuii.blogspot.com/>

ภาพดิจิทัลสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ $f(x,y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพ และแอมพลิจูดของ f ที่พิกัด (x,y) ใดๆภายในภาพคือค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้นๆ และเมื่อ x,y และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าเป็นภาพดิจิทัล (Digital Image) และถ้ากำหนดให้ภาพ $f(x,y)$ มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพคือที่ตำแหน่ง $(x,y) = (0,0)$ แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ ดังแสดงใน (ภาพที่ 2.15)

ภาพที่ 2.15

แสดงภาพเมทริกซ์

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

หมายเหตุ. จาก <http://patchapuii.blogspot.com/>

ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมทริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล (Pixel) โดยตำแหน่ง $(0,0)$ จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุดและจัดลำดับของเส้นจุด จะเรียงจากบนลงล่างการเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพดิจิทัลลงหน่วย ความจำในลักษณะเส้นจุด (raster) นี้จะเรียกภาพบิตแมป (bit-mapped image) หรือภาพแร-

สเตอร์ (raster image) แต่ภาพที่จัดเก็บในลักษณะนี้จะมีขนาดใหญ่จึงมีการบีบอัดภาพ (image compression) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลง “ความหมายของภาพดิจิทัล,” จเรวัฒน์ เทวรัตน์, สืบค้นจาก <http://www.stou.ac.th/>

2.4.2 ความละเอียดภาพ (Resolution)

ความละเอียดภาพ (Resolution) คือ ความสามารถในการปรับระยะการแสดงความละเอียดของภาพ ดิจิตอลระยะห่างของความถี่ในการแสดงภาพ (ความถี่ในการทำ sampling) จะถูกระบุในรูปของ Resolution ซึ่งหมายถึง dot per inch (dpi) หรือ pixels per inch (ppi) เป็นค่าทั่วไปที่ใช้เรียกหรือบ่งบอกว่ามีการแสดงภาพอยู่ที่ระดับ Resolution ที่เท่าไร แต่อยู่ในขอบเขตจำกัด การเพิ่ม ความถี่ในการ sampling ก็เป็นการเพิ่ม resolution ด้วยเช่นกัน Pixel Dimension เป็นการวัดขนาดทั้งในทางแนวนอนและแนวตั้งของภาพที่ปรากฏ เป็น Pixel ซึ่งบางครั้งอาจจะถูกกำหนดในรูปของความกว้างและความสูงโดยบอกเป็น dot per inch (dpi) สำหรับกล้อง Digital ก็มี Pixel Dimension เหมือนกัน การระบุจำนวน pixel แนวตั้งและแนวนอนเสมือนเป็นการระบุ resolution ด้วย (เช่น 2,048 x 3,072) การคำนวณ dot per inch (dpi) ทำโดยการแบ่งขนาดของเอกสารเป็นส่วนให้มีขนาดเท่ากันตามแนว “ความหมายของภาพดิจิทัล,” จเรวัฒน์ เทวรัตน์, สืบค้นจาก <http://www.stou.ac.th/>

2.4.3 แสง (Light)

คำว่าแสง จากทฤษฎีหลายๆ ทฤษฎี นักฟิสิกส์ได้ทราบว่า แสงอยู่ในรูปของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnetic Energy) ระยะคลื่นอยู่ระหว่างอุลตราไวโอเล็ต (Ultra-Violet) และอินฟราเรด (Infrared) พอสรุปคุณสมบัติ ดังนี้

- 1.) แสงมีการแผ่รังสี จากแหล่งกำเนิดแสง เช่น ดวงอาทิตย์
- 2.) แสงสามารถผ่านสุญญากาศ หรือสามารถทะลุผ่านวัตถุโปร่งแสง
- 3.) แสงเดินทางด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์ต่อวินาทีในสุญญากาศ และความเร็วจะลดลงเมื่อผ่านตัวกลาง เช่น น้ำ จะช้ามากยิ่งขึ้นถ้ามีความหนาที่บเพิ่มมากขึ้น
- 4.) แสงแผ่รังสีออกเป็นเส้นตรง
- 5.) แสงเคลื่อนที่ในรูปของคลื่น ซึ่งเป็นลักษณะคลื่นตามขวาง

ในเรื่องของแสง ถึงแม้ไม่ทราบความจริงที่แน่นอนว่าแสงคืออะไรก็ตาม แต่ก็ทราบถึงเรื่องราวของแสง หลายประการ รู้ว่าแสงมีกฎเกณฑ์ตายตัวอย่างไรบ้าง เช่น จากจุดกำเนิดแสง แสงจะลดความเข้มลงตามกฎกำลังสองผกผัน (inverse square law) แสงสามารถสะท้อน (bounce of reflect) เมื่อแสงกระทบกับวัตถุ ถ้าหากแสงสะท้อนจากพื้น ของวัตถุที่เรียบและเป็นมัน เรียกว่า specular of regular reflection ถ้าสะท้อนจากพื้นวัตถุที่มีผิวขรุขระ เราเรียกว่า diffuse reflection แสงสามารถเปลี่ยนทิศทาง (bent) หรือหักเห (refract) เมื่อผ่านตัวกลางที่เป็นของใส เช่น กระจกหรือน้ำ แสงสามารถดูดซับ (absorb) ไปได้ ในกรณีนี้หมายถึงแสงสามารถถูกดูดเก็บไว้ เช่น แสงตกกระทบ บนผ้าสีดำ แสงจะถูกดูดเก็บไว้และเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานความร้อนนั่นเอง แสงสามารถกรอง (filtration) ไปได้ นั่นคือ แสงสามารถที่จะถูกวัตถุบางอย่างยอมให้ผ่านได้และไม่ได้แต่ละช่วงคลื่นของแสง เช่น ถ้าแสงส่องผ่านฟิลเตอร์สีเหลือง แสงที่มีช่วงคลื่นสีเหลืองจะผ่านได้ แต่สีที่อยู่ใน ช่วงคลื่นตรงกันข้ามกับสีเหลือง คือ สีน้ำเงิน จะถูกสกัดไว้มิให้ผ่าน

2.4.3.1 ประเภทของแสง

แยกประเภทของแสงได้ดังนี้

- 1.) แสงธรรมชาติ
- 2.) แสงเทียม

แสงธรรมชาติ คือแสงที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือแสงกลางวัน (Daylight) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ให้สี ถูกต้องสวยงามตามธรรมชาติมากที่สุด (ดังแสดงในภาพที่ 2.16) การใช้แสงธรรมชาติในการถ่ายภาพมักประสบปัญหา เนื่องจากไม่สามารถกำหนดหรือบังคับแสงให้ไปในทิศทางที่เราต้องการหรือไม่อาจจะควบคุมปริมาณความเข้มของสภาพแสงได้ ซึ่งทั้งหมดนี้จะมีผลต่อการถ่ายภาพทั้งสิ้น การถ่ายภาพในลักษณะนี้ช่างภาพจะต้องมีการวางแผนมาเป็นอย่างดี เนื่องจาก สภาพแสงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา “สอนลูกเรื่องแสง,” บุปผา เรื่องรอง, สืบค้นจาก <http://taamkru.com/>

ภาพที่ 2.16

แสดงภาพตัวอย่างแสงธรรมชาติ



แสงเทียม คือแสงที่ได้จากสิ่งประดิษฐ์ของมนุษย์ โดยอาศัยกรรมวิธีต่างๆ ซึ่งคิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้แทน แสงธรรมชาติ มีทั้งแสงจากหลอดไฟฟ้าทุกชนิด ดังแสดงใน (ภาพที่ 2.17) แสงจากไฟแฟลชซึ่งมีใช้ทั้งใน สตูดิโอและนอกสถานที่ แสงจาก เทียนไข ไฟฉาย นีออน และแสงรังสีต่างๆ ที่ใช้ในงานวิทยาศาสตร์ และการแพทย์ “สอนลูกเรื่องแสง,” บุษผา เรื่องรอง, สืบค้นจาก <http://taamkru.com/>

ภาพที่ 2.17

แสดงภาพตัวอย่างแสงเทียม



2.5 กล้องวงจรปิด

กล้องวงจรปิด (Closed Circuit Television หรือย่อว่า CCTV) หมายถึง ระบบถ่ายทอดสัญญาณภาพจากกล้องที่ติดตั้งไว้ตามจุดต่างๆ ภายในวงจรเดียวกันมาเก็บไว้ยังเครื่องบันทึกภาพ ดังแสดงใน (ภาพที่ 2.18) ซึ่งปกติแล้วระบบกล้องวงจรปิด (CCTV) นี้จะใช้เพื่อสังเกตการณ์หรือ ใช้เป็นหลักฐานในการเอาผิดคนร้าย ส่วนในของระบบกล้องวงจรปิดที่จะนำไปใช้งานได้นั้น ต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์สำหรับจับภาพ และส่งสัญญาณรับภาพและบันทึก สายไฟและสายสัญญาณต่างๆ จอสำหรับแสดงภาพ ซึ่งไม่ว่าจะเป็น ระบบกล้องวงจรปิดที่ใช้ตามบ้านทั่วไปหรือองค์กรใหญ่ๆ ก็จะใช้อุปกรณ์ประมาณนี้ แต่ในบางสถานที่ก็จะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติม ขึ้นอยู่กับลักษณะหน้างานและงบประมาณที่ต้องใช้ในการติดตั้งด้วย

ภาพที่ 2.18

แสดงคุณลักษณะของกล้องวงจรปิด



หมายเหตุ. จาก <http://www.bwcctv.com>

2.5.1 ประเภทของกล้องโทรทัศน์วงจรปิดและเลนส์

- 1.) กล้องมาตรฐาน เป็นกล้องที่ใช้ในแสงปกติ เช่นในเวลากลางวัน แต่จะให้ภาพไม่ชัดในเวลากลางคืน
- 2.) กล้องอินฟราเรด เป็นกล้องที่ใช้แสงจากหลอดอินฟราเรดส่องไปกระทบวัตถุ เพื่อให้กล้องจับภาพบริเวณนั้นๆ ได้ อินฟราเรดจะทำงานเมื่อสภาวะแสงบริเวณนั้นน้อยลงในระดับหนึ่งโดยจะมีเซนเซอร์ ที่ด้านหน้าของกล้องตรวจวัดระดับแสง แล้วจะส่งสัญญาณให้หลอดอินฟราเรดทำงาน และเมื่อหลอดอินฟราเรดทำงานภาพจะเปลี่ยนเป็นขาว-ดำ ทันที

3.) กล้องกลางวันกลางคืน กล้องวงจรปิดที่สามารถใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน แต่ต้องการแสงเล็กน้อยเพื่อให้กล้องวงจรปิดสามารถจับภาพได้ และเมื่อกำลังวงจรปิดได้รับแสงน้อยมากๆ (สภาวะที่ยังมีแสงอยู่เล็กน้อย) ก็จะเปลี่ยนภาพเป็นโหมด ขาว-ดำ

4.) กล้อง StarLight การทำงานคล้ายๆ กับกล้อง Day & Night แต่พิเศษกว่าตรงที่สามารถให้ภาพสีในเวลากลางคืน แม้จะมีแสงเพียงเล็กน้อยก็ตาม

2.5.2 อุปกรณ์อื่นๆที่ใช้งานร่วมกับกล้องวงจรปิด

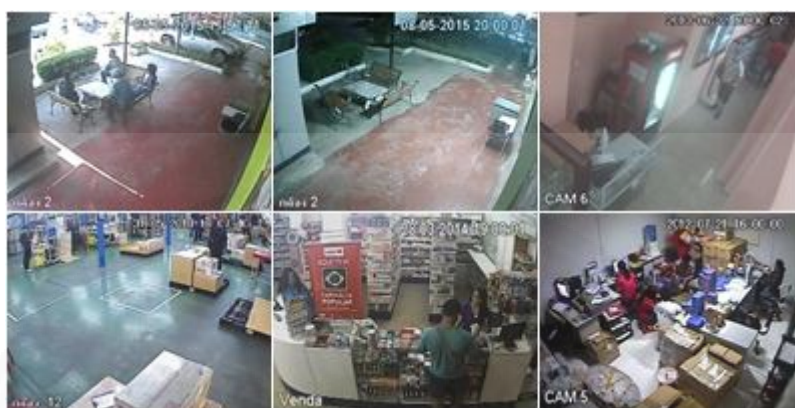
1.) สายเคเบิลสำหรับการส่งสัญญาณภาพและบีเอ็นซีคอนเน็คเตอร์ (Signal Cable and BNC Connector) สามารถใช้ได้ทั้งสายนำสัญญาณแบบทั่วไป หรือสายใยแก้ว

2.) เครื่องบันทึกภาพและจอแสดงผล (CCTV Recorder and Monitor) เดิมใช้ระบบบันทึกภาพแบบม้วนวิดีโอ VHS บันทึกแบบอนาล็อก ซึ่งมีราคาถูก แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เปลี่ยนไปเป็นการบันทึกภาพแบบดิจิทัล บันทึกลงบนฮาร์ดดิสก์ ขนาดความจุที่แตกต่างกัน มีระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่นสามารถบันทึกได้ 30 วัน เมื่อถึงวันที่ 31 ก็จะลบวันที่ 1 โดยอัตโนมัติ เป็นต้น

การตั้งบันทึกภาพแบบดิจิทัลหรือการบันทึกแบบอนาล็อก สามารถบันทึกในคราวเดียวกันได้มากกว่า 1 กล้อง เช่น 2, 4, 6 ฯลฯ แต่ก็มีจุดอ่อนตรงที่หากแบ่งเป็นหลายช่องหลายกล้อง บันทึกพร้อมกัน จะทำให้คุณภาพของภาพที่ได้ไม่ชัดเจน เมื่อนำภาพไปใช้ประโยชน์ไม่เต็มที่เพราะภาพจะไม่ชัด ภาพของกล้องวงจรปิดมักจะมีการบันทึกลงในอุปกรณ์ บันทึกภาพ (DVR = Digital Video Recorder) ในการบันทึกภาพจากกล้องวงจรปิดนั้น สามารถบันทึกได้นานเป็นเดือน หรือเป็นปีเลยทีเดียว ซึ่งความแตกต่างเรื่องเวลาในการบันทึก มันขึ้นกับปัจจัยหลายประการเช่น ขนาดพื้นที่ของอุปกรณ์ในการบันทึกภาพ เช่น ฮาร์ดดิสก์มีความจุ มากน้อยเพียงใด และใส่ฮาร์ดดิสก์ลูก (DVR แต่ละรุ่น รองรับจำนวน HDD ได้ไม่เท่ากัน) ความละเอียดในการบันทึกจะถูกแบ่งย่อยออกเป็นขนาดของภาพเฟรมเรทและแบนด์วิธ (ดังภาพที่ 2.19)

ภาพที่ 2.19

แสดงตัวอย่างภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิด



รูปแบบการเข้ารหัสสัญญาณภาพมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น H.264 MPEG4 MJPEG เป็นต้น การตั้งค่าการบันทึก เช่น เปิดระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Detect) และการตั้งตารางการบันทึก (Schedule) รวมทั้งคุณภาพของภาพด้วย เช่น ถ้าภาพจากกล้องมีสัญญาณรบกวนเยอะ ทั้งจอภาพ เครื่องบันทึกจะกินพื้นที่ในการบันทึกมากกว่าปกติด้วย ดังนั้นการเดินสายสัญญาณเพื่อไม่ให้เกิดสัญญาณรบกวนจึงมีความสำคัญ “โทรทัศน์วงจรปิด,” วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, สืบค้นจาก /th.wikipedia.org

2.5.3 ประโยชน์ของกล้องวงจรปิด

ประโยชน์ของกล้องวงจรปิดคือ ช่วยรักษาและเฝ้าระวังความปลอดภัยของบุคคลและสถานที่ สำหรับเฝ้าดูและเก็บหลักฐานการทำผิดกฎหมาย ซึ่งโจรผู้ร้ายมักจะหลีกเลี่ยงการทำผิดต่อหน้ากล้องวงจรปิด เพราะจะเป็นหลักฐานที่สำคัญในการจับกุม แต่บ่อยครั้งที่โจรสามารถหลบเลี่ยงมุมกล้องได้ และตรวจสอบการทำงานใช้ประโยชน์ในโรงงานสำหรับผู้จัดการ ในการดูพฤติกรรมการทำงานของพนักงานในโรงงานและทำงานร่วมกับระบบอัตโนมัติ ใช้ประโยชน์เหมือนตาระยะไกลในการเฝ้ามองผ่านตัวเซ็นเซอร์เพื่อควบคุมระบบอัตโนมัติ อีกทั้งยังคำนวณตรวจสอบ เช่น การตรวจสอบคุณภาพใช้เป็นหลักฐานเพราะได้ทั้งภาพและเสียง ภาพวิดีโอที่บันทึกได้จึงมีความน่าเชื่อถือกว่าเทปเสียง แต่ส่วนใหญ่ภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกไว้เป็นหลักฐานมักจะมีเฉพาะภาพเคลื่อนไหวอย่างเดียว มักจะไม่มีเสียงประกอบ

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาอิทธิพลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับภาพใบหน้าในภาพถ่าย กรณีศึกษาภาพถ่ายจากใบหน้าจากกล้องวงจรปิด และเทคนิควิธีที่ใช้ในการวิจัยเพื่อทดลองหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้า ดังนี้

3.1 การตรวจจับใบหน้า

งานวิจัยนี้ได้ทดลองเบื้องต้นเพื่อหาเทคนิควิธีในการตรวจหาใบหน้าจากภาพถ่ายของกล้องวงจรปิด โดยศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคในการตรวจจับใบหน้าในแบบต่างๆโดยคำนึงถึงปัจจัยหลักในการตรวจสอบใบหน้าคือ ปัจจัยของความถูกต้องของจำนวนในการตรวจจับใบหน้า โดยจะพิจารณาถึงตำแหน่งที่ตรวจสอบ ว่ามีความถูกต้องของจำนวนใบหน้า และความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าในกลุ่มของภาพถ่ายลักษณะต่างๆ โดยภาพถ่ายนั้นจะมีกลุ่มของจำนวนใบหน้าในภาพมากหนึ่งใบหน้าในภาพ และภาพใบหน้าที่มีสิ่งบดบัง โดยศึกษาเทคนิควิธีต่างๆที่มีความสอดคล้องใกล้เคียงกัน

หลังจากได้ทำการศึกษาและทดลองเบื้องต้นเพื่อหาความเป็นไปได้ในการเลือกเทคนิควิธีที่จะนำมาทดลองกับภาพสีลักษณะถ่ายใบหน้าตรง พบว่ามีอยู่สองเทคนิควิธีที่จะนำมาทดสอบคือ การตรวจจับใบหน้าโดยในคุณลักษณะของสี และการตรวจจับใบหน้าด้วยเทคนิควิธีของ Haar ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าเทคนิควิธีของ Haar มีประสิทธิภาพดีกว่าถึง 65% โดยใช้ภาพถ่ายจำนวน 20 ภาพในการทดลอง ผู้วิจัยจึงเลือกเทคนิควิธีนี้มาใช้ในงานวิจัยนี้ และผู้วิจัยมีความสนใจการตรวจจับใบหน้าในกรณีที่ใบหน้าที่มีวัตถุบดบัง เช่น สวมหมวก แว่นตา หรือ ผ้าปิดปาก จึงได้นำกรณีของภาพใบหน้าที่มีวัตถุบดบังใบหน้ามาทำการทดลอง โดยทดลองกับภาพใบหน้าที่สวมผ้าปิดปาก คือ ภาพถ่ายบุคคลทางการแพทย์ เช่น หมอ หรือพยาบาล (ดังภาพที่ 3.1)

ภาพที่ 3.1

แสดงภาพตัวอย่างบุคคลทางการแพทย์

หมายเหตุ. จาก <http://www.shutterstock.com>

ขั้นตอนการทดลองจะแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของภาพใบหน้าที่ไม่มีวัตถุมาบัง จำนวน 60 ภาพ และ กลุ่มของใบหน้าที่สวมผ้าปิดปาก จำนวน 60 ภาพ ผลการทดลองที่ได้คือ กลุ่มของใบหน้าที่ไม่มีวัตถุมาบัง สามารถตรวจพบหาใบหน้าถึง 58 ภาพคิดเป็น 96.6 เปอร์เซ็นต์ของภาพถ่ายทั้งหมดในกลุ่ม และผลการตรวจจับใบหน้าที่สวมผ้าปิดปาก คือ 29 ภาพ คิดเป็น 23 เปอร์เซ็นต์ของภาพถ่ายทั้งหมดในกลุ่ม จากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อมีวัตถุมาบังใบหน้าทำให้ประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้าที่ลดลงเป็นอย่างมาก และเมื่อทดลองนำภาพจากกลุ่มของใบหน้าที่สวมผ้าปิดปากไปปรับปรุงด้วยเทคนิคอัลติสเตจไฮไดนามิคเรนจ์ ผลการทดลองที่ได้คือ สามารถตรวจจับภาพใบหน้าที่สวมผ้าปิดปากได้จำนวนทั้งสิ้น 35 ภาพคิดเป็น 58.33 เปอร์เซ็นต์ของภาพถ่ายทั้งหมดในกลุ่ม เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลของการตรวจจับใบหน้าที่เพิ่มขึ้นตามหลักของสถิติ ผลที่ได้ออกมาคือ ผลต่างที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ บัณฑิต สมบูรณ์ และ เสาวลักษณ์ วรธนาภา. (วันที่ 25-77 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558). Using Multi-Stage High Dynamic Range Technique to Improve Detection of Masked Human Face in an Image. ใน TMI NCMedinfo 2015, Image Processing, โรงแรม ดี เอ็มเมอรัลด์ กรุงเทพมหานคร, เอกสารรอตีพิมพ์

3.2 สมมุติฐานในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดเพื่อหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้า โดยนำวิธีปรับปรุงภาพที่ผู้วิจัยคิดและประยุกต์ขึ้นมา เพื่อนำมาทดลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้าของภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.3 กระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ใช้ภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดในการทดลองทั้งสิ้น 240 ภาพ ภาพที่นำมาใช้ในการทดลองนำมาจากไฟล์วิดีโอภาพจากกล้องวงจรปิด (CCTV) ความละเอียดของภาพ 1.3 ล้านพิกเซล รูปภาพที่นำมาใช้มีขนาด 640X480 พิกเซล และมีนามสกุลไฟล์ (.JPG) นำมาติดตั้งตามสถานที่ต่างๆ และถ่ายซึ่งมีลักษณะของภาพถ่ายหลากหลายแบบ ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มเลือกภาพ โดยแบ่งตามกลุ่มการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ ภาพที่มีสภาพแสงบริเวณใบหน้าไม่สม่ำเสมอ และ สภาพแสงที่บริเวณใบหน้าค่อนข้างสม่ำเสมอ

3.4 การออกแบบกลุ่มการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการทดลองแบบ One Group Pretest Posttest Design โดยจะนำกลุ่มของภาพถ่ายที่สนใจมาทำการทดสอบ และเปรียบเทียบการทดลองตามคุณลักษณะที่สนใจ โดยแบ่งกลุ่มการทดลอง และนำผลการทดลองที่ได้มาใช้ในการสรุปผลการทดลอง กลุ่มการทดลองมีด้วยกัน 2 กลุ่มดังนี้

ตารางที่ 3.1

ตารางแสดงกลุ่มของภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะของภาพถ่าย	กลุ่มภาพถ่าย
มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ	เต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)
	เต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)
	ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)
มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ	เต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)
	เต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)
	ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)

3.4.1. กลุ่มภาพถ่ายลักษณะของภาพถ่ายมีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย คือ ภาพเต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1) ภาพเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) และ ภาพใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)

ภาพเต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1) คือ ภาพถ่ายที่มีลักษณะใบหน้าตรง มีใบหน้าหนึ่งหน้าในภาพ และมีสภาพแสงจากสิ่งแวดล้อมไม่สม่ำเสมอ (ดังภาพที่ 3.2)

ภาพที่ 3.2

ภาพตัวอย่างภาพเต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)



ภาพเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) คือ ภาพถ่ายที่มีลักษณะใบหน้าตรง มีใบหน้ามากกว่าหนึ่งหน้าในภาพ และมีสภาพแสงจากสิ่งแวดล้อมไม่สม่ำเสมอ (ดังภาพที่ 3.3)

ภาพที่ 3.3

ภาพตัวอย่างภาพเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)



ภาพหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1) คือ ภาพถ่ายที่มีลักษณะใบหน้าตรง มีใบหน้าหนึ่งหน้าในภาพ แต่มีวัตถุมาบดบังบริเวณใบหน้า เช่น หมวก และมีสภาพแสงจากสิ่งแวดล้อมไม่สม่ำเสมอ (ดังภาพที่ 3.4)

ภาพที่ 3.4

ภาพตัวอย่างภาพหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)



3.4.2. กลุ่มภาพถ่ายลักษณะของภาพถ่ายมีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย คือ ภาพเต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2) ภาพเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) และภาพหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)

ภาพเต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2) คือ ภาพถ่ายที่มีลักษณะใบหน้าตรง มีใบหน้าหนึ่งหน้าในภาพ และมีสภาพแสงจากสิ่งแวดล้อมค่อนข้างสม่ำเสมอ (ดังภาพที่ 3.5)

ภาพที่ 3.5

ภาพตัวอย่างภาพเต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)



ภาพเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) คือ ภาพถ่ายที่มีลักษณะใบหน้าตรง มีใบหน้ามากกว่าหนึ่งหน้าในภาพ และมีสภาพแสงจากสิ่งแวดล้อมไม่สม่ำเสมอ (ดังภาพที่ 3.6)

ภาพที่ 3.6

ภาพตัวอย่างภาพเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)



ภาพหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2) คือ ภาพถ่ายที่มีลักษณะใบหน้าตรง มีใบหน้าหนึ่งหน้าในภาพ แต่มีวัตถุมาบดบังบริเวณใบหน้า เช่น หมวก และมีสภาพแสงจากสิ่งแวดล้อมไม่สม่ำเสมอ (ดังภาพที่ 3.7)

ภาพที่ 3.7

ภาพตัวอย่างภาพหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)



3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและทดลอง

ภาพที่ 3.8
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและทดลอง



จากภาพที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจหาใบหน้าจากภาพถ่ายของกล้องวงจรปิดมีอยู่ด้วยกัน 5 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. ตัดแยกไฟล์วิดีโอจากกล้องวงจรปิด โดยทำการคัดเลือกและเก็บภาพต่างๆจากการถ่ายทำที่มีภาพของใบหน้าบุคคลที่จะนำมาใช้ในการทดลอง ภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองเป็นไฟล์นามสกุล (.jpg)
2. ตัดแยกภาพและแบ่งกลุ่ม ซึ่งจะนำภาพถ่ายที่ได้จากกล้องวงจรปิดมาทำการตัดแยกและแบ่งตามกลุ่มของการทดลอง 2 กลุ่มการทดลอง

3. ปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮไดนามิคเรนจ์ โดยทำการคัดลอกภาพ ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนของภาพถ่ายต้นฉบับที่ไม่มีการปรับปรุงภาพ และส่วนที่สองเป็น ส่วนของภาพถ่ายที่ปรับปรุงด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮไดนามิคเรนจ์

4. ทดลองการตรวจหาใบหน้า โดยการนำภาพถ่ายที่แบ่งตามกลุ่มการทดลองมา ทดสอบการตรวจหาใบหน้า ซึ่งแบ่งตามกลุ่มของการทดลอง 2 กลุ่มเพื่อวัดผลการหาใบหน้าในแต่ละ กลุ่มทดลอง

5. รวบรวมและสรุปผล นำผลการทดลองตรวจหาใบหน้าที่ได้มารวบรวมและสรุปผล เพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการตรวจหาใบหน้า

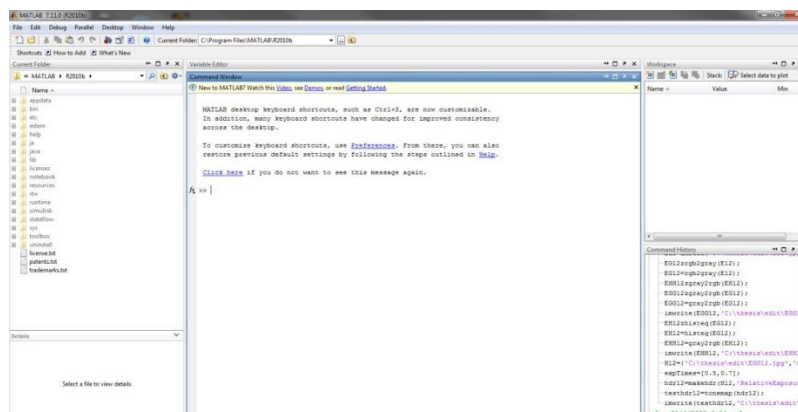
3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองของงานวิจัยนี้มีด้วยกันสองเครื่องมือคือ

1. โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพ โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพใน งานวิจัยนี้คือ โปรแกรม Matlab เป็น ภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่มาพร้อมด้วยสภาพแวดล้อมการ ทำงานเชิงโต้ตอบ ซึ่งสามารถคำนวณคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วมากกว่าภาษาคอมพิวเตอร์ สมัยก่อน เช่น ภาษา C, C++ หรือ Fortran ดังแสดงใน (ภาพที่ 3.9)

ภาพที่ 3.9

ภาพโปรแกรม Matlab



2. โปรแกรม OpenCV (Open source Computer Vision) โดยโปรแกรมนี้จะมี library ที่ถูกเขียนด้วยภาษา C/C++ Python และสามารถทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Linux, Windows และ Mac OS X จุดประสงค์หลักของ OpenCV คือการนำมาพัฒนาโปรแกรมที่เน้น การคำนวณแบบ real time เป้าหมายหลัก ๆ ของ OpenCV ก็เพื่อเตรียมคำสั่งพื้นฐาน ที่ง่ายต่อการใช้งานทางด้าน Image Processing ทางด้าน Computer Vision ในงานวิจัยนี้ใช้ PyScripter ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือสำหรับพัฒนาภาษาไพธอน (ดังแสดงในภาพที่ 3.10) ซึ่งรองรับการทำงานของ OpenCV บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ที่ให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ฟรี (Open source)

ภาพที่ 3.10

ภาพโปรแกรม PyScripter

```

PyScripter - C:\thesis\edit\masks41.py
File Edit Search View Project Run Tools Help
File Explorer
Computer
Local Disk (C:)
Local Disk (D:)
• import numpy as np
• import cv2
• import Tkinter, tkFileDialog
• from matplotlib import pyplot as plt
• face_cascade = cv2.CascadeClassifier('C:\opencv\sources\data\haarcascades\haarcascade_frontalface_default..')
• eye_cascade = cv2.CascadeClassifier('C:\opencv\sources\data\haarcascades\haarcascade_eye.xml')
#img3 = cv2.imread('1.jpg')
#
img = cv2.imread('HDR11.jpg')
• gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
• faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.33,5)
• for (x,y,w,h) in faces:
• cv2.rectangle(img,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),2)
• roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
• roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
• eyes = eye_cascade.detectMultiScale(roi_gray)
• for (ex,ey,ew,eh) in eyes:
• cv2.rectangle(roi_color,(ex,ey),(ex+ew,ey+eh),(0,255,0),2)
• b,g,r = cv2.split(img) # convert BGR to RGB
• img2 = cv2.merge([r,g,b]) # convert BGR to RGB
• plt.imshow(img2)
• plt.xticks([], plt.yticks([])) # to hide tick values on X and Y axis
• plt.show()
#cv2.imshow('img',img)
• cv2.waitKey(0)
• cv2.destroyAllWindows()
Python Interpreter
*** Python 2.7.5 (default, May 15 2013, 22:43:36) [MSC v.1500 32 bit (Intel)] on win32. ***
*** Remote Python engine is active ***
>>>

```

3.7 การวัดผลการทดลอง

3.7.1 ด้านความถูกต้องในการตรวจนับจำนวนใบหน้า

ในการทดลองจะนำภาพถ่ายที่ได้จากกล้องวงจรปิด มาทำการทดสอบหาจำนวนใบหน้าในแต่ละภาพ โดยวัดผลจากความถูกต้องในการตรวจหาจำนวนของใบหน้าในภาพเปรียบเทียบกับระหว่างภาพถ่ายต้นฉบับ และภาพถ่ายจากการปรับปรุงภาพ แล้วนำมาวิเคราะห์ผลเพื่อสรุปผลการทดลอง

3.7.2 ด้านความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า

ในด้านนี้จะวัดความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าของภาพถ่ายต้นฉบับ และภาพถ่ายจากการปรับปรุงภาพ เช่น ตรวจพบหน้าสัตว์ หรือสิ่งของต่างๆในภาพโดยถูกมองว่าเป็นภาพใบหน้ามนุษย์จากการตรวจหาใบหน้า

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองค้นหาใบหน้าและทำการวัดผลเพื่อเก็บข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้ออกมาทำการวิเคราะห์เพื่อสรุปผล โดยใช้โปรแกรมพื้นฐานในการวิเคราะห์ผลทางสถิติคือ โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้า และผลข้อผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้า ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

การทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยวิธีสถิติ ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติโดยวิธีที่นำมาใช้คือ การทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วย การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่กลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (t-test dependent samples) ในสถานการณ์ของงานวิจัยที่มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียวแต่ศึกษาภายใต้เงื่อนไขของการทดลอง 2 อย่าง เช่น การศึกษาทักษะการปฏิบัติงานของกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับยาและหลังจากได้รับยา หรือการศึกษาเจตคติของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังได้รับกิจกรรมการสอนแบบใหม่ เป็นต้น ดังนั้นข้อมูลจะเก็บรวบรวมได้เป็นคู่จำนวน N คู่ ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กัน ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเราจะต้องคำนวณหาผลต่างของแต่ละคู่ โดยให้สัญลักษณ์ X_1 และ X_2 ชุดของข้อมูลทั้ง 2 ชุด และผลต่างก็คือ $X_1 - X_2$ ใช้สัญลักษณ์ว่า D ดังนั้นค่าเฉลี่ยของผลต่างในทุกคู่ (ดังสมการที่ 2.1)

$$(\Sigma D)/N = \bar{D} \quad (2.1)$$

D คือ ผลต่างนี้จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ

ข้อมูลทั้ง 2 ชุดความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละคู่

\bar{D} คือ ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างก็คือความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

ΣD คือ ผลรวมของผลต่าง N คู่

สามารถทดสอบว่า \bar{D} มีนัยสำคัญแตกต่างจาก 0 หรือไม่โดยการหาร ด้วยความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ดังสมการที่ 2.2)

$$t = \frac{\bar{D}}{s_{\bar{D}}} \quad (2.2)$$

องศาแห่งความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับจำนวนกลุ่มตัวอย่างลบด้วยหนึ่ง สูตร t-test สามารถเขียนอยู่ในรูปอย่างง่ายได้ (ดังสมการที่ 2.3)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{[N\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2]/(N-1)}} \quad (2.3)$$

ตัวอย่าง ข้อมูลต่อไปนี้เป็นมีกลุ่มตัวอย่างอยู่ 10 คน ที่ทำการทดลองเพื่อดูผลของยาว่าจะมีผลต่อทักษะการปฏิบัติงานหรือไม่ จากข้อมูล 2 ชุด ชุดแรกเป็นทักษะการปฏิบัติงานหลังจากได้รับยา มีค่าเฉลี่ย 7.60 และชุดที่สองเป็นทักษะการปฏิบัติงานก่อนได้รับยา มีค่าเฉลี่ย 8.90 และค่าเฉลี่ยของผลต่างมีค่า -1.30 ผลรวมของผลต่างและผลรวมกำลังสองของผลต่างมีค่า -13 และ 127 ตามลำดับ (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2545)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองของงานวิจัย ที่ใช้เพื่อรายงานข้อมูลทั่วไปต่างๆในการทดลอง และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทดสอบความแตกต่างหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (t-test dependent samples) ที่ลักษณะของกลุ่มเป็นตัวอย่างที่เป็นอิสระกัน (Independent Samples) เพื่อประเมินผลเปรียบเทียบการใช้งานของการตรวจจับใบหน้า ระหว่างภาพถ่ายใบหน้าต้นฉบับที่ได้จากกล้องวงจรปิด และ ภาพถ่ายของใบหน้าที่ใช้เทคนิคการปรับปรุงภาพแบบมัลติสแตจไฮโดนามิครนจ์ ด้วยคะแนนจำนวนของใบหน้าที่ตรวจหาได้จากภาพถ่ายของกล้องวงจรปิด ด้วยวิธีการตรวจหาใบหน้าของมนุษย์และยังตรวจสอบความผิดพลาดของการค้นหาใบหน้ามนุษย์ ซึ่งใช้การวิเคราะห์ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลทดสอบความแตกต่างหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (t-test dependent samples) ประเมินผลค่าความผิดพลาดในการค้นหาใบหน้า

ซึ่งผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลและผลการทดลองทั่วไป

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพในการค้นหา
ใบหน้า

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบด้านความผิดพลาดในการค้นหา
ใบหน้า

4.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิด

งานวิจัยนี้ใช้ภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดทั้งหมด 240 ภาพ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ และ กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงสม่ำเสมอ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1
แสดงตารางกลุ่มของการทดลอง

ลักษณะของ ภาพถ่าย	กลุ่มภาพถ่าย	จำนวนภาพทั้งหมด	จำนวนใบหน้าที่ทั้งหมด
มีสภาพแสงไม่ สม่ำเสมอ	เต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)	40	40
	เต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)	40	92
	ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)	40	40
มีสภาพแสง ค่อนข้างสม่ำเสมอ	เต็มใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)	40	40
	เต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)	40	88
	ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)	40	40

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของความถูกต้องในการตรวจหา จำนวนใบหน้าที่จากภาพถ่ายของกล้องวงจรปิด

การวิเคราะห์ผลการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของความถูกต้องในการตรวจหาจำนวนของใบหน้าที่ ด้วยวิธีการค้นหาใบหน้าที่จากภาพถ่ายของกล้องวงจรปิด จะประกอบด้วยกลุ่มของภาพถ่ายต้นฉบับจากกล้องวงจรปิด และกลุ่มของภาพจากการปรับปรุงภาพด้วยมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ ตามกลุ่มย่อยของการทดลอง ซึ่งมีทั้งหมด 6 กลุ่ม ดังนี้

4.2.1 กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.2

ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้า ทั้งหมด	จำนวน ใบหน้าที่พบ (หน้า)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
รูปต้นฉบับ	40	22	55%	40	22	55%
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	28	70%	40	28	70%

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลของการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1) ระหว่างรูปต้นฉบับ และรูปหลังจากปรับปรุงภาพผลการทดลองคือ รูปหลังจากการปรับปรุงภาพสามารถตรวจพบใบหน้าได้จำนวน 28 ภาพ มากกว่าภาพต้นฉบับ 6 ภาพ และสามารถตรวจหาใบหน้าได้ทั้งหมด 28 ใบหน้า มากกว่ารูปต้นฉบับ 6 ใบหน้า คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 70% ของภาพถ่ายและใบหน้าทั้งหมด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.1) ผลของการตรวจจับใบหน้าที่หลังจากการปรับปรุงใน 22 ภาพและ 22 หน้าเป็นใบหน้าที่เหมือนกับผลของการตรวจจับใบหน้าที่จากรูปต้นฉบับ

ตารางที่ 4.3

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)

t	df	Sig.
-2.623	39	0.012

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ผลทางสถิติของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1) ผลการวิเคราะห์ระหว่าง กลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพ

ด้วยเทคนิคมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของการค้นหาจำนวน ใบหน้า มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.012<0.05$)

ตารางที่ 4.4

ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้า ทั้งหมด	จำนวน ใบหน้าที่พบ (หน้า)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
รูปต้นฉบับ	40	27	67.50%	92	34	36.95%
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	33	82.50%	92	61	66.30%

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลของการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้า จำนวนหลายหน้า (B1) ระหว่างรูปต้นฉบับ และรูปหลังจากปรับปรุงภาพผลการทดลองคือ รูป หลังจากการปรับปรุงภาพสามารถตรวจพบใบหน้าที่ได้จำนวน 33 ภาพ มากกว่าภาพต้นฉบับ 6 ภาพ และสามารถตรวจหาใบหน้าที่ได้ทั้งหมด 61 ใบหน้า มากกว่ารูปต้นฉบับ 27 ใบหน้า คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 82.50% ของภาพถ่ายและใบหน้าที่ทั้งหมด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.1) ผลของการตรวจจับใบหน้าที่ หลังจากการปรับปรุงใน 27 ภาพและ 34 หน้าเป็นใบหน้าที่เหมือนกับผลของการตรวจจับใบหน้าที่ จากรูปต้นฉบับ

ตารางที่ 4.5

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวน หลายหน้า (B1)

t	df	Sig.
-6.936	39	0.000

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ผลทางสถิติของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) ผลการวิเคราะห์ระหว่าง กลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮไดนามิคเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของการค้นหาจำนวนใบหน้า ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.00<0.01$)

ตารางที่ 4.6

ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้า ทั้งหมด	จำนวน ใบหน้าที่พบ (หน้า)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
รูปต้นฉบับ	40	11	27.50%	40	11	27.50%
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	13	32.50%	40	13	32.50%

จากตารางที่ 4.6 แสดงผลของการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1) ระหว่างรูปต้นฉบับ และรูปหลังจากปรับปรุงภาพผลการทดลองคือ รูปหลังจากการปรับปรุงภาพสามารถตรวจพบใบหน้าได้จำนวน 13 ภาพ มากกว่าภาพต้นฉบับ 2 ภาพ และสามารถตรวจหาใบหน้าได้ทั้งหมด 13 ใบหน้า มากกว่ารูปต้นฉบับ 2 ใบหน้า คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 32.50% ของภาพถ่ายและใบหน้าทั้งหมด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.1) ผลของการตรวจจับใบหน้าหลังจากการปรับปรุงใน 11 ภาพและ 11 หน้าเป็นใบหน้าที่เหมือนกับผลของการตรวจจับใบหน้าจากรูปต้นฉบับ

ตารางที่ 4.7

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)

t	df	Sig.
-1.433	39	0.160

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ผลทางสถิติของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1) ผลการวิเคราะห์ระหว่าง กลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ จำนวนใบหน้าที่ยืนยันได้ก่อนและหลังการใช้เทคนิคมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.160>0.05$)

4.2.2 กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.8

ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้า ทั้งหมด	จำนวน ใบหน้าที่พบ (หน้า)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
รูปต้นฉบับ	40	36	90%	40	36	90%
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	37	92.50%	40	38	92.50%

จากตารางที่ 4.8 แสดงผลของการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2) ระหว่างรูปต้นฉบับ และรูปหลังจากปรับปรุงภาพผลการทดลองคือ รูปหลังจากการปรับปรุงภาพสามารถตรวจพบใบหน้าได้จำนวน 37 ภาพ มากกว่าภาพต้นฉบับ 1 ภาพ และสามารถตรวจหาใบหน้าได้ทั้งหมด 37 ใบหน้า มากกว่ารูปต้นฉบับ 1 ใบหน้า คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 92.5% ของภาพถ่ายและใบหน้าทั้งหมด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.1) ผลของการตรวจจับใบหน้าที่หลังจากการปรับปรุงใน 36 ภาพและ 36 หน้าเป็นใบหน้าที่เหมือนกับผลของการตรวจจับใบหน้าจากรูปต้นฉบับ

ตารางที่ 4.9

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่ง
หน้า (A2)

t	df	Sig.
-1.000	39	0.323

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ผลทางสถิติของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2) ผลการวิเคราะห์ระหว่าง กลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพถ่ายด้วยเทคนิคมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของการค้นหาจำนวนใบหน้า ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.323>0.05$)

ตารางที่ 4.10

ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้า ทั้งหมด	จำนวน ใบหน้าที่พบ (หน้า)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
รูปต้นฉบับ	40	39	97.50%	88	78	88.63%
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	40	100%	88	81	92.04%

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลของการทดลองกลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่เห็นภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) ระหว่างรูปต้นฉบับ และรูปหลังจากปรับปรุงภาพผลการทดลองคือ รูปหลังจากการปรับปรุงภาพพบว่า จำนวนใบหน้าที่หาพบมีจำนวน 40 ภาพ มีจำนวนใบหน้าที่ตรวจพบทั้งหมด 78 ใบหน้า เพิ่มขึ้นจากการตรวจหาใบหน้าในภาพต้นฉบับ 1 ภาพ และมี

จำนวนใบหน้าที่ตรวจพบเพิ่มขึ้น 3 ใบหน้า คิดเป็น 92.04% จากภาพถ่ายทั้งหมด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.1) ผลของการตรวจจับใบหน้าหลังจากการปรับปรุงใน 39 ภาพและ 78 หน้าเป็นใบหน้าที่เหมือนกันกับผลของการตรวจจับใบหน้าจากรูปต้นฉบับ

ตารางที่ 4.11

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)

t	df	Sig.
-1.778	39	0.083

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ผลทางสถิติของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) ผลการวิเคราะห์ระหว่าง กลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคมัลติสเตรจไฮโดนามิคเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของการค้นหาจำนวนใบหน้า ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.083>0.05$)

ตารางที่ 4.12

ผลการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกดบังบางส่วน (C2)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้า ทั้งหมด	จำนวน ใบหน้าที่พบ (หน้า)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
รูปต้นฉบับ	40	14	35%	40	14	35%
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	16	40%	40	16	40%

จากตารางที่ 4.12 แสดงผลของการทดลองกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2) ระหว่างรูปต้นฉบับ และรูปหลังจากปรับปรุงภาพผลการทดลองคือ รูปหลังจากการปรับปรุงภาพสามารถตรวจพบใบหน้าได้จำนวน 16 ภาพ มากกว่าภาพต้นฉบับ 2 ภาพ และสามารถตรวจหาใบหน้าได้ทั้งหมด 16 ใบหน้า มากกว่ารูปต้นฉบับ 2 ใบหน้า คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 40% ของภาพถ่ายและใบหน้าทั้งหมด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.1) ผลของการตรวจจับใบหน้าที่หลังจากการปรับปรุงใน 36 ภาพและ 36 หน้าเป็นใบหน้าที่เหมือนกันกับผลของการตรวจจับใบหน้าจากรูปต้นฉบับ

ตารางที่ 4.13

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)

t	df	Sig.
-1.433	39	0.160

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ผลทางสถิติของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2) ผลการวิเคราะห์ระหว่าง กลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของการค้นหาจำนวนใบหน้า ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.160>0.05$)

จากการทดลองทั้งหมด เพื่อสะดวกต่อการนำไปวิเคราะห์และสรุปผลการตรวจจับใบหน้า จึงนำผลการทดลองกลุ่มมาจัดรวมกัน (ดังตารางที่ 4.14-4.15)

ตารางที่ 4.14

ตารางรวมผลของความถูกต้องในการตรวจนับจำนวนใบหน้าของกลุ่มการทดลองที่สภาพแสงไม่
สม่ำเสมอ

ประเภท ของภาพ	กลุ่ม การ ทดลอง	ประเภท ของ รูปภาพ	จำนวน รูป ทั้งหมด	จำนวน รูป ที่ ตรวจ พบ	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน หน้า ทั้งหมด	จำนวน ใบหน้า ที่ตรวจ พบ	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
สภาพ แสงไม่ สม่ำเสมอ	A1	ภาพ ต้นฉบับ	40	22	55%	40	22	55%
		ภาพหลัง การ ปรับปรุง	40	28	70%	40	28	70%
	B1	ภาพ ต้นฉบับ	40	27	67.50%	92	34	36.95%
		ภาพหลัง การ ปรับปรุง	40	33	82.50%	92	61	66.30%
	C1	ภาพ ต้นฉบับ	40	11	27.50%	40	11	27.50%
		ภาพหลัง การ ปรับปรุง	40	13	32.50%	40	13	32.50%

ตารางที่ 4.15

ตารางรวมผลของความถูกต้องในการตรวจนับจำนวนใบหน้าของกลุ่มการทดลองที่สภาพแสงค่อนข้าง
สม่ำเสมอ

ประเภทของภาพ	กลุ่มการทดลอง	ประเภทของรูปภาพ	จำนวนรูปทั้งหมด	จำนวนรูปที่ตรวจพบ	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	จำนวนหน้าทั้งหมด	จำนวนใบหน้าที่ตรวจพบ	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
สภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ	A2	ภาพต้นฉบับ	40	36	90%	40	36	90%
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	37	92.50%	40	37	92.50%
	B2	ภาพต้นฉบับ	40	39	97.50%	88	78	88.63%
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	40	100%	88	81	92.04%
	C2	ภาพต้นฉบับ	40	14	35%	40	14	35%
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	16	40%	40	16	40%

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบด้านความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า

การวิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบด้านความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าที่
ด้วยวิธีการค้นหาใบหน้าจากภาพถ่ายของกล้องวงจรปิด จะประกอบด้วยกลุ่มของภาพถ่ายต้นฉบับ

จากกล้องวงจรปิด และกลุ่มของภาพจากการปรับปรุงภาพด้วยมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์ ซึ่งจะทำให้การเป็นเทียบเป็นคู่ ตามกลุ่มย่อยของการทดลอง ซึ่งมีทั้งหมด 6 กลุ่ม ดังนี้

4.3.1 กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.16

ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่เห็นเพียงใบหน้าเต็มหนึ่งใบหน้าในภาพ (A1)

กลุ่มของรูปถ่าย	จำนวนรูปทั้งหมด	จำนวนรูปที่ตรวจพบผิดพลาด (ภาพ)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	จำนวนใบหน้าที่พบผิดพลาด (หน้า)
รูปต้นฉบับ	40	2	5%	2
รูปหลังการปรับปรุงภาพ	40	3	7.5%	3

จากตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดลองหาความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่เห็นเพียงใบหน้าเต็มหนึ่งใบหน้าในภาพ (A1) ผลการตรวจจับใบหน้าหลังการปรับปรุงภาพ พบว่า ความผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าเพิ่มขึ้น เป็น 3 ภาพและมีความผิดพลาด 3 จุด เพิ่มขึ้นจากการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.2)

ตารางที่ 4.17

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเพียงใบหน้าเต็มหนึ่งใบหน้าในภาพ (A1)

t	df	Sig.
0.025	39	0.323

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.17 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่เห็นเพียงใบหน้าเต็มหนึ่งใบหน้าในภาพ (A1) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างกลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิครเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของความผิดพลาดการตรวจใบหน้า ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.323>0.05$)

ตารางที่ 4.18

ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ ผิดพลาด (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้าที่พบ ผิดพลาด (หน้า)
รูปต้นฉบับ	40	23	35%	25
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	25	40%	28

จากตารางที่ 4.18 แสดงผลการทดลองหาความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) ผลของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าจากภาพถ่ายที่ทำการปรับปรุงภาพพบว่า การตรวจจับใบหน้ามีความผิดพลาดเพิ่มขึ้น 2 ภาพ และมีจุดผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าเพิ่มขึ้น 3 จุด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.2)

ตารางที่ 4.19

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าของ
กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)

t	df	Sig.
-0.771	39	0.446

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.19 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างกลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคอัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของความผิดพลาดการตรวจใบหน้า ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.446>0.05$)

ตารางที่ 4.20

ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ ผิดพลาด (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้าที่พบ ผิดพลาด (หน้า)
รูปต้นฉบับ	40	4	10%	4
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	6	15%	6

จากตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดลองหาความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้า
ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1) ผลของความผิดพลาดในการตรวจหา

ใบหน้าจากภาพถ่ายที่ทำการปรับปรุงภาพพบว่า การตรวจจับใบหน้ามีความผิดพลาดเพิ่มขึ้น 2 ภาพ และมีจุดผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าเพิ่มขึ้น 2 จุด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.2)

ตารางที่ 4.21

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)

t	df	Sig.
-1.433	39	0.160

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.21 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างกลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคัลติสเตรจไฮโดนามิคเรนท์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของความผิดพลาดการตรวจใบหน้า ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.160>0.05$)

4.3.2 กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.22

ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ ผิดพลาด (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้าที่พบ ผิดพลาด (หน้า)
รูปต้นฉบับ	40	0	0	0
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	0	0	0

จากตารางที่ 4.22 แสดงผลการทดลองหาความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2) ผลที่ได้คือ ไม่พบความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า

ตารางที่ 4.23

ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)

กลุ่มของรูปถ่าย	จำนวนรูปทั้งหมด	จำนวนรูปที่ตรวจพบผิดพลาด (ภาพ)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	จำนวนใบหน้าที่พบผิดพลาด (หน้า)
รูปต้นฉบับ	40	15	35%	15
รูปหลังการปรับปรุงภาพ	40	11	40%	11

จากตารางที่ 4.23 แสดงผลการทดลองหาความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) ผลของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าจากภาพถ่ายที่ทำการปรับปรุงภาพพบว่า การตรวจจับใบหน้าที่มีความผิดพลาดลดลง 4 ภาพ และมีจุดผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าน้อยกว่าความผิดพลาดจากการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับจำนวน 4 จุดผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้า ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.2)

ตารางที่ 4.24

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)

t	df	Sig.
-1.000	39	0.323

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.24 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็ม ใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างกลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผล ภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิเรนจ์และรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของความผิดพลาด การตรวจใบหน้า ไม่ส่งผลต่อการลดลงของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P=0.323>0.05$)

ตารางที่ 4.25

ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดของตรวจหาใบหน้าของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูก บดบังบางส่วน (C2)

กลุ่มของรูป ถ่าย	จำนวนรูป ทั้งหมด	จำนวนรูปที่ ตรวจพบ ผิดพลาด (ภาพ)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์	จำนวน ใบหน้าที่พบ ผิดพลาด (หน้า)
รูปต้นฉบับ	40	0	0%	0
รูปหลังการ ปรับปรุง ภาพ	40	1	2.5%	1

จากตารางที่ 4.25 แสดงผลการทดลองหาความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2) ผลต่างจากการหาความผิดพลาดของการ ตรวจหาใบหน้าเท่ากับ 1 ภาพและ 1 จุดที่ผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้า ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (ข.2)

ตารางที่ 4.26

ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าของ กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)

t	df	Sig.
-1.000	39	0.323

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 4.26 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ค่าสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า ของกลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่ใบหน้า ถูกบดบังบางส่วน (C2) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างกลุ่มของรูปหลังจากการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรเนจและรูปจากต้นฉบับคือ ความแตกต่างกันของความผิดพลาดการตรวจใบหน้า ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.323>0.05$)

จากการทดลอง เพื่อง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ผลความผิดพลาดจากการตรวจจับใบหน้า จึงนำผลการทดลองแต่ละกลุ่มมาจัดรวมกัน (ดังตารางที่ 4.27-4.28)

ตารางที่ 4.27

ตารางรวมผลของความผิดพลาดในการตรวจจับจำนวนใบหน้าของกลุ่มการทดลองประเภทของภาพที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ

ประเภทของภาพ	กลุ่มการทดลอง	ประเภทของรูปภาพ	จำนวนรูปทั้งหมด	จำนวนรูปที่ตรวจพบผิดพลาด	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	จำนวนใบหน้าที่ตรวจพบผิดพลาด
สภาพแสงไม่สม่ำเสมอ	A1	ภาพต้นฉบับ	40	2	5%	2
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	3	7.5%	3
	B1	ภาพต้นฉบับ	40	23	57.5%	25
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	25	62.5%	28
	C1	ภาพต้นฉบับ	40	4	10%	4
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	6	15%	6

ตารางที่ 4.28

ตารางรวมผลของความผิดพลาดในการตรวจนับจำนวนใบหน้าของกลุ่มการทดลองประเภทของภาพที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ

ประเภทของภาพ	กลุ่มการทดลอง	ประเภทของรูปภาพ	จำนวนรูปทั้งหมด	จำนวนรูปที่ตรวจพบผิดพลาด	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	จำนวนใบหน้าที่ตรวจพบผิดพลาด
สภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ	A2	ภาพต้นฉบับ	40	0	0%	0
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	0	0%	0
	B2	ภาพต้นฉบับ	40	15	37.5%	15
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	11	27.5%	11
	C2	ภาพต้นฉบับ	40	0	0%	0
		ภาพหลังการปรับปรุง	40	1	2.5%	1

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าในภาพกล้องวงจรปิด ด้วยเทคนิควิธีปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ในการทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้า ได้ออกแบบโดยนำมาทดสอบกับภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิด ซึ่งได้แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ และกลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยการนำมาเปรียบเทียบกันระหว่าง ภาพถ่ายต้นฉบับจากกล้องวงจรปิดกับภาพจากการทำมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ประเมินโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากคะแนนความถูกต้องของจำนวนใบหน้าที่สามารถค้นหาได้ถูกต้องตามกลุ่มการทดลอง และประเมินจากจำนวนความผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าของภาพ โดยการสรุปผลการทดลองประกอบด้วย สรุปผลและอภิปรายผลการทดลองประโยชน์ของงานวิจัย และแนวทางการวิจัยในอนาคต

5.1 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

5.1.1 การทดลองและการเลือกภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดในการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ โดยใช้ชุดของภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดจำนวนทั้งหมด 240 ภาพ โดยแบ่งตามกลุ่มของการทดลอง ภาพถ่ายนำมาจากการถ่ายด้วยกล้องวงจรปิด โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกจากประเภทของกลุ่มการทดลองที่กำหนดได้ สองกลุ่มใหญ่แบ่งเป็น หกกลุ่มย่อย

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้า

งานวิจัยนี้ได้้นำเทคนิคการปรับปรุงภาพทำมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ มาทดลองเพื่อหาอิทธิพลในการการเพิ่มขึ้นของการตรวจหาใบหน้า โดยนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ และกลุ่มลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ แล้วนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยการวัดผลความถูกต้องของจำนวนใบหน้าที่ตรวจจับได้ และความผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้า สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

5.1.2.1 ด้านประสิทธิภาพและความถูกต้องของจำนวนใบหน้าทำการตรวจหา ใบหน้า

ผลการทดลอง พบว่าการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ กลุ่มของภาพถ่ายที่ใช้เทคนิคปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ที่นำมาทดสอบมีจำนวนสองกลุ่มการทดลองใหญ่พบว่า กลุ่มที่มีจำนวนใบหน้าจากการตรวจจับใบหน้าของภาพถ่ายหลังการปรับปรุงมากที่สุด คือ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) และกลุ่มที่มีจำนวนใบหน้าจากการตรวจจับใบหน้าของภาพถ่ายหลังการปรับปรุงน้อยที่สุดคือ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2) และกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2) ซึ่งอยู่ในกลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กลุ่มที่มีผลต่างของการเปลี่ยนแปลงของการตรวจจับใบหน้าที่ระหว่างรูปต้นฉบับและรูปภาพที่ปรับปรุงด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์คือ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) และ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1) โดยกลุ่มที่มีค่านัยสำคัญทางสถิติมากที่สุดคือ กลุ่ม B1

ผลการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพและความถูกต้องของจำนวนใบหน้าทำการตรวจหาใบหน้าของกลุ่มการทดลอง สังเกตได้ว่ากลุ่มที่ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในการตรวจจับใบหน้า และมีนัยสำคัญทางสถิติคือ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1) และกลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) ซึ่งอยู่ในกลุ่มประเภทของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ แสดงให้เห็นว่า เทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าในรูปที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอบนใบหน้า และเหตุที่กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1) ซึ่งอยู่ในกลุ่มของประเภทของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ ได้การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้า ด้วยเทคนิคมัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ที่ต่ำ และผลต่างของการเพิ่มขึ้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเพราะ กลุ่มการทดลองนี้เป็นภาพถ่ายใบหน้าที่มีสิ่งมาบดบังใบหน้า เช่น หมวก ทำให้ลักษณะการตรวจจับใบหน้าที่มีประสิทธิภาพของ Viola-Jones ลดลง และแสงที่ส่องมายังใบหน้าที่มีต่ำ เพราะถูกวัตถุที่อยู่บนใบหน้าบดบัง เมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2) ซึ่งอยู่ใน กลุ่มประเภทของภาพที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ จะเห็นผลของการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าได้ชัดเจนว่า ผลของการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับที่มีสิ่งบดบังใบหน้า ได้จำนวนใบหน้าที่น้อยมากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนใบหน้าทั้งหมดในกลุ่มการทดลอง สามารถตรวจพบใบหน้าได้เพียง 35% จากการวิเคราะห์จึงสรุปได้ว่า การปรับปรุงภาพด้วยวิธี มัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าเพิ่มขึ้นในภาพที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ ยกเว้นกรณีที่มีสิ่งมาบดบังบริเวณใบหน้า

5.1.2.2 ด้านความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า

ผลการทดลองพบว่า ผลการวัดความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้าจากภาพถ่ายของกล้องวงจรปิดพบว่า การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจโฮโดนามิคเรนจ์ ทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) ซึ่งอยู่ในกลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ และกลุ่มของความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าที่น้อยที่สุดคือ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2) เพราะไม่เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้า และมีกลุ่มของการตรวจจับใบหน้าที่ไม่ปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคมัลติสแตจโฮโดนามิคเรนจ์ ทำให้ความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ การตรวจจับใบหน้าจากภาพถ่ายต้นฉบับคือ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) ซึ่งอยู่ในกลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงสม่ำเสมอ

ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาดในการตรวจหาใบหน้า ด้วยเทคนิควิธีการปรับปรุงภาพมัลติสแตจโฮโดนามิคเรนจ์ ทำให้กลุ่มของการทดลองมีความผิดพลาดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเทคนิคการปรับปรุงภาพนี้จะเพิ่มรายละเอียดของภาพ ซึ่งทำให้ภาพถ่ายเกิดสัญญาณรบกวน (Noise) เพิ่มมากขึ้น สังเกตได้จาก กลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ ซึ่งภาพที่นำมาทดลองส่วนมากมีพื้นหลังของภาพที่มีรายละเอียดของสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น ต้นไม้ บ้าน หรือสิ่งของต่างๆ ทำให้มีโอกาสเกิดสัญญาณรบกวน (Noise) ได้มากกว่ากลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพสม่ำเสมอ เพราะภาพถ่ายที่นำมาใช้ทดลองทุกภาพมีลักษณะของฉากพื้นหลังที่มีลักษณะมืดเป็นสีดำ จึงลดโอกาสในการเกิดสัญญาณรบกวน (Noise) ในภาพได้มากกว่า กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) ซึ่งอยู่ในกลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้ามากที่สุด เพราะบุคคลในภาพที่นำมาทดลองได้สวมเสื้อที่มีลายลักษณะเหมือนใบหน้านามูซุย์ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าของกลุ่มการทดลองมากที่สุด และจากการทดลองยังพบอีกว่า มีกรณีของการตรวจจับใบหน้าจากภาพที่จำนวนของความผิดพลาดของการลดลงจากการปรับปรุงภาพด้วยวิธี มัลติสแตจโฮโดนามิคเรนจ์ คือ กลุ่มลักษณะภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) ซึ่งอยู่ในกลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงสม่ำเสมอ จากการวิเคราะห์พบว่า สาเหตุที่ทำให้ความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าลดลงหลังจากการปรับปรุงภาพด้วยวิธี มัลติสแตจโฮโดนามิคเรนจ์ เพราะภาพที่นำมาทดลองในกลุ่มนี้ ส่วนหนึ่งมีภาพของมนูซุย์ที่สวมเสื้อที่มีลายลักษณะคล้ายใบหน้านามูซุย์ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้า แต่เมื่อปรับปรุงภาพด้วยวิธี มัลติสแตจโฮโดนามิคเรนจ์ ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) ในภาพที่เกิดบริเวณของเสื้อที่มีลายลักษณะใบหน้านามูซุย์ จึงทำ

ให้ความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าของกลุ่มนี้ลดลง จากการวิเคราะห์จึงสรุปได้ว่า การปรับปรุงภาพด้วยวิธี มัลติสเทจไฮไดนามิคเรนจ์ ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการตรวจจับใบหน้า

5.2 ประโยชน์ของงานวิจัย

5.2.1 ประโยชน์ของงานวิจัยเชิงทฤษฎี

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเทคนิควิธีในการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ภาพถ่ายจากกล้องวงจรปิดมาทดลอง และได้นำหลักการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเทคนิคในการตรวจจับใบหน้า เพื่อค้นหาวิธีการใหม่ๆที่ทำให้โอกาสในการเกิดความผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าลดน้อยลง

5.2.2 ประโยชน์ของงานวิจัยเชิงประยุกต์

จากผลการทดลองของงานวิจัยนี้ พบว่าการตรวจจับใบหน้าทำงานได้ดีในระดับหนึ่งซึ่งมีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าโดยเฉพาะภาพถ่ายที่มีสภาพแสงของใบหน้าไม่สม่ำเสมอ เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาความสามารถในการตรวจหาใบหน้าต่อไป

5.3 แนวทางการวิจัยในอนาคต

1. เทคนิควิธีนี้ให้ผลของประสิทธิภาพการเพิ่มขึ้นของการตรวจจับใบหน้าไม่ดีเท่าที่ควรในบางกรณี อาจเพิ่มเติมเทคนิคต่างๆเพิ่มขึ้นในขั้นตอนการประมวลผล เช่น การปรับปรุงรูปภาพให้มีคมชัดมากขึ้น เป็นต้น
2. นำมาทดลองกับภาพถ่ายที่มากขึ้น หรือเพิ่มกลุ่มการทดลองจะทำให้ผลการทดลองที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นหรือให้ผลการทดลองที่แตกต่างออกไปจากงานวิจัยชิ้นนี้
3. งานวิจัยนี้ทดสอบกับภาพถ่ายซึ่งเป็นภาพนิ่ง จึงควรทดลองกับภาพเคลื่อนไหวหรือวิดีโอ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- รศ.ดร.สมเกียรติ อุดมทรรษากุล. (2554). การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น. (Fundamentals of Digital Image Processing). กรุงเทพฯ.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ธรรมสาร.
- นราทิพย์ จันสกุล. (2552). แผนแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรพงษ์ บัวเจริญ. (2554). องค์ประกอบศิลป์สำหรับนักถ่ายภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอ็มไอเอส.

บทความวารสาร

- รุสลี่ สุทธีร์กุล วิไลพร แซ่ลี. การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ Haar-like. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒปีที่ 6.
- Rafael C. Gonzalez. (2007). Digital Image Processing. Prentice Hall.
- Maria Petrou. (2010). Image Processing: The Fundamentals. Wiley.
- Jan Erik Solem. (2012). Programming Computer Vision with Python: Tools and algorithms for analyzing images. O'Reilly Media.
- Rafael C. Gonzalez. (2009). Digital Image Processing Using MATLAB. Gatesmark Publishing.
- John C. Russ. (2011). The Image Processing Handbook. CRC Press.
- Erik Reinhard. (2005). High Dynamic Range Imaging: Acquisition, Display, and Image-Based Lighting. Morgan Kaufmann.
- Ferrell McCollough. (2008). Complete Guide to High Dynamic Range Digital Photography. Pixiq.
- Yi-Qing Wang. (2014). An Analysis of the Viola-Jones Face Detection Algorithm, Image Processing On Line, 4 (, pp. 128–148).

- Paul Vloa, (2004). Robust Real-Time Face Detection. International Journal of Computer Vision 57(2), 137–154 .
- Erik Hjelm^oas, Boon Kee Low. (2001). Face Detection: A Survey. Computer Vision and Image Understanding 83, 236–274 .
- C. Chen and S. P. Chiang. (1997). Detection of human faces in color images, IEE Proc. Vision Image Signal Process.
- A. J. Colmenarez and T. S. Huang. (1996). Maximum likelihood face detection, in IEEE Proc. of 2nd Int. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, Vermont.
- Bernd Heisele, Tomaso Poggio, Massimiliano Pontil. (2000). Face Detection in Still Gray Images. C.B.C.L Paper No. 187.
- Numan UNALDIa, Praveen SANKARANA, Vijayan K. ASARla , Zia-ur RAHMAN.
- Z. Rahman, D. Jobson, and G. A. Woodell. (2004). RetinexProcessing for Automatic Image Enhancement, Journal ofElectronic Imaging, January .
- R. Hsu. M. Mottleb, A. K. Jain. (2002). Face Detection in Color Images, IEEETransactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 5, May .
- A. Vavilin¹, K. Deb¹, T-H. Kim¹ , K-H. (2010). Road Sign Detection Method based on Fast HDR Image Generation Technique.
- P. Viola and M. Jones, “Robust real-time face detection,” International Journal of Computer Vision, vol. 57, no. 2,pp. 137-154, 2004.

ภาคผนวก

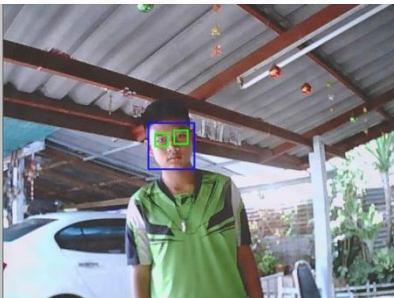



ภาคผนวก ก

ประเภทของภาพที่ใช้ในการทดลองตรวจจับใบหน้า กลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ

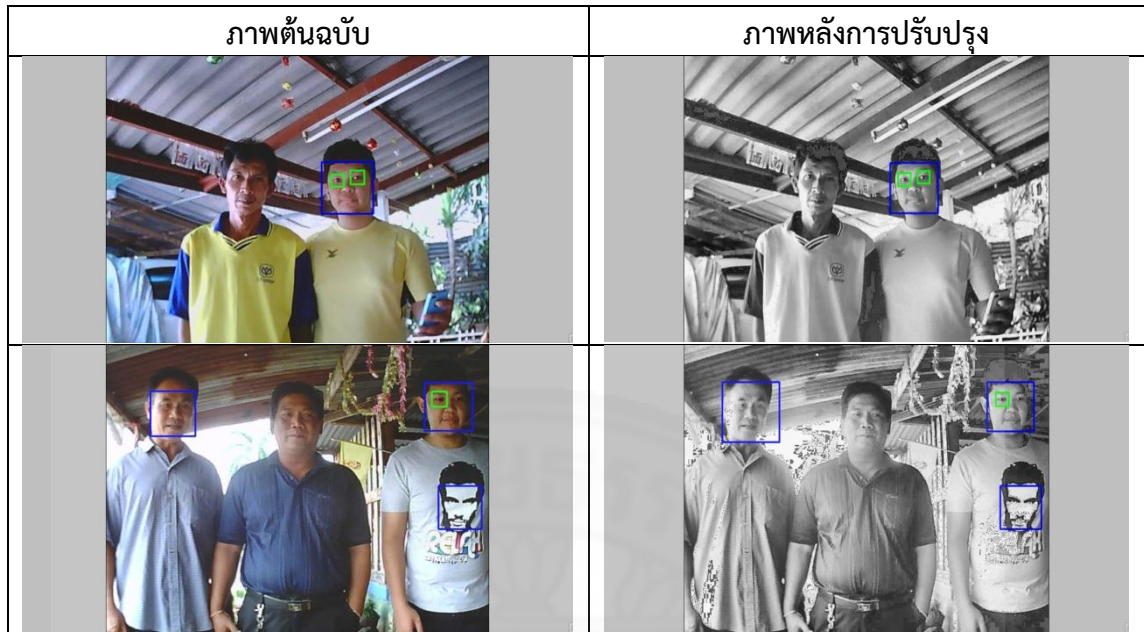
1. ภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า

ตารางแสดงภาพตัวอย่างการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับและการตรวจจับใบหน้าจากภาพที่ทำการปรับปรุงด้วยเทคนิค มัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ของกลุ่มภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า ดังนี้

ภาพต้นฉบับ	ภาพหลังการปรับปรุง
	
	

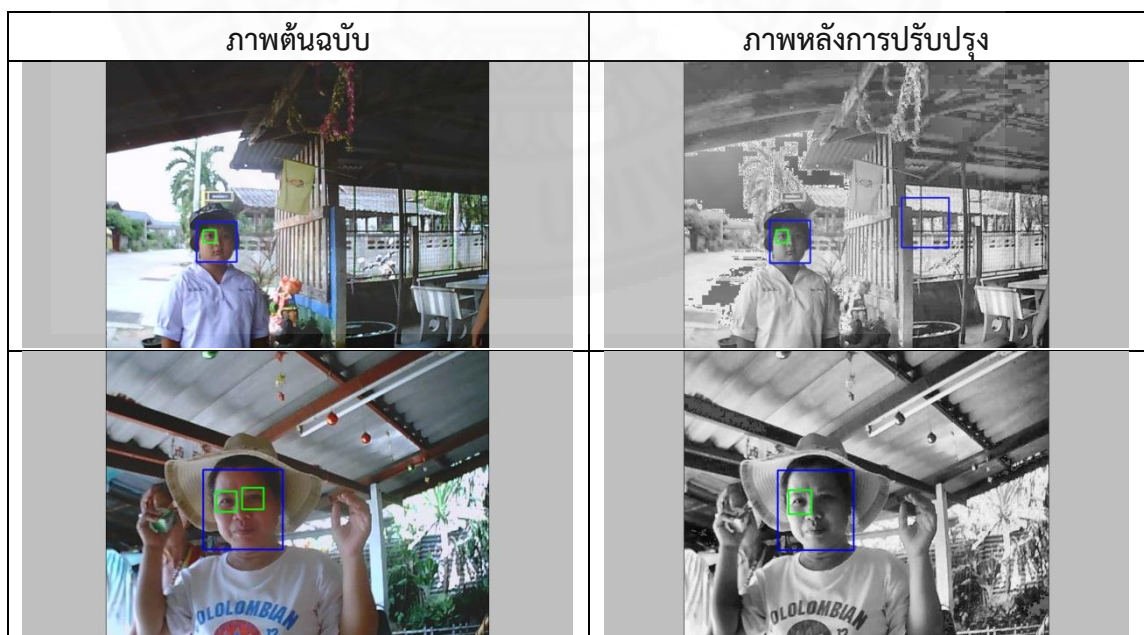
2. ภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)

ตารางแสดงภาพตัวอย่างการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับและการตรวจจับใบหน้าจากภาพที่ทำการปรับปรุงด้วยเทคนิค มัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ของกลุ่มภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1) ดังนี้



3. ภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1)

ตารางแสดงภาพตัวอย่างการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับและการตรวจจับใบหน้าจากภาพที่ทำการปรับปรุงด้วยเทคนิค มัลติสแตจไฮไดนามิคเรนจ์ ของกลุ่มภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C1) ดังนี้



2. กลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ

1. ภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2)

ตารางแสดงภาพตัวอย่างการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับและการตรวจจับใบหน้าจากภาพที่ทำการปรับปรุงด้วยเทคนิค มัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ของกลุ่มภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A2) ดังนี้

ภาพต้นฉบับ	ภาพหลังการปรับปรุง
	
	

2. ภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)

ตารางแสดงภาพตัวอย่างการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับและการตรวจจับใบหน้าจากภาพที่ทำการปรับปรุงด้วยเทคนิค มัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ของกลุ่มภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2) ดังนี้



3. ภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)

ตารางแสดงภาพตัวอย่างการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับและการตรวจจับใบหน้าจากภาพที่ทำการปรับปรุงด้วยเทคนิค มัลติสแตจไฮโดนามิคเรนจ์ ของกลุ่มภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2) ดังนี้



ภาคผนวก ข

ผลของการตรวจจับใบหน้าของกลุ่มการทดลอง




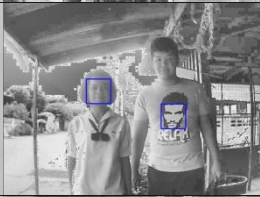


1. กรณีการตรวจจับใบหน้าจากภาพต้นฉบับหาใบหน้าไม่พบ แต่ภาพที่ปรับปรุงด้วยมัลติสเตจไฮโดนามิคเรนจ์หาใบหน้าพบ ดังนี้

กลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ


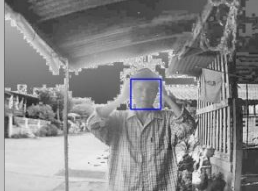

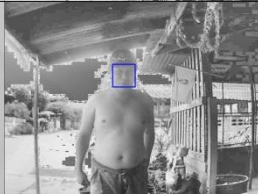
ตารางแสดงภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)

ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	
	
	
	
	
	

ตารางแสดงภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)



	ภาพต้นฉบับ				ภาพจากการปรับปรุง
					
					
					
					
					
					

ตารางแสดงภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบังบางส่วน (C1)



ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	
	

กลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ

ตารางแสดงภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (A2)

ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	

ตารางแสดงภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)

ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	


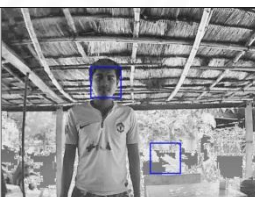
ตารางแสดงภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบดบังบางส่วน (C2)

ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	
	

2. กรณีเกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้า เมื่อปรับปรุงด้วยมัลติสเตรจไฮโดนามิคเรนจ์เกิดความผิดของการตรวจจับใบหน้าเพิ่มขึ้นจากภาพต้นฉบับ ดังนี้

กลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ



ตารางแสดงภาพถ่ายที่เห็นใบหน้าจำนวนหนึ่งหน้า (A1)

ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	

ตารางแสดงภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B1)



ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	
	
	

ตารางแสดงภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบังบางส่วน (C1)

ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	
	

กลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ




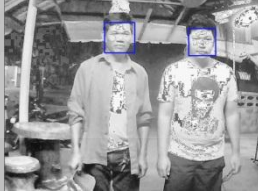

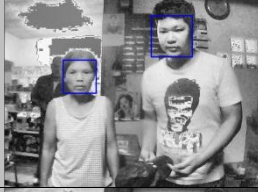

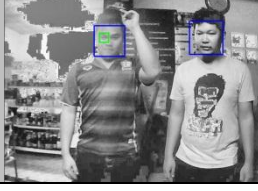
ตารางแสดงภาพถ่ายที่ใบหน้าถูกบังบางส่วน (C2)

ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	

3. กรณีเกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้า เมื่อปรับปรุงด้วยอัลติสเตจไฮโดนา มิคเรนจ์เกิดความผิดของการตรวจจับใบหน้าลดลงจากภาพต้นฉบับ ดังนี้

กลุ่มประเภทลักษณะของภาพถ่ายที่มีสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ

ตารางแสดงภาพถ่ายที่เห็นเต็มใบหน้าจำนวนหลายหน้า (B2)

ภาพต้นฉบับ	ภาพจากการปรับปรุง
	
	
	
	

ภาคผนวก ค

MATLAB

MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ขั้นสูง (High-level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วย การคำนวณเชิงตัวเลข กราฟฟิกที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพพจน์ได้ง่ายและชัดเจนชื่อของ MATLAB ย่อมาจาก matrix laboratory เดิมโปรแกรม MATLAB ได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณทาง matrix หรือเป็น matrix software ที่พัฒนาจากงานที่ชื่อ LINKPACK และ EISPACK

โปรแกรม MATLAB จะมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบเรียกว่า Toolbox โดยโปรแกรม MATLAB จะมี toolbox ในแต่ละสาขา เช่น การประมวลผลสัญญาณ (Signal processing toolbox) การประมวลผลภาพ (image processing toolbox) ระบบควบคุม (control system toolbox) โครงข่ายประสาท (neural networks toolbox) ฟัชซีลอจิก (fuzzy logic toolbox) เวฟเลท (wavelet toolbox) การติดต่อสื่อสาร (communication toolbox) สถิติ (Statistics toolbox) และสาขาอื่นๆ มากมาย ภายใน toolbox แต่ละสาขาก็จะมีฟังก์ชันต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสาขานั้นๆ ให้เลือกประยุกต์ใช้งานเป็นจำนวนมาก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย บัณฑิต สมบูรณ์
วันเดือนปีเกิด	25 กันยายน 2529
วุฒิการศึกษา	สาขา เทคโนโลยีสารสนเทศ คณะ เทคโนโลยีการจัดการ
ผลงานทางวิชาการ	อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขต ปราณบุรี
ผลงานทางวิชาการ	เสนอผลงานและร่วมประชุมงานทางวิชาการ Using Multi-stage High Dynamic Range Technique to Improve Detection of Human Faces in images from CCTV. The Thai Medical Informatics Association Annual Conference and The 3rd National Conference on Medical Informatics – NCMedInfo) 2015