



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การค้นหาใบหน้าและดวงตาเพื่อตรวจจับอาการง่วงโดยวิธีประมวลผลภาพ

Face and Eye Tracking for Drowsiness Detection using Image Processing Method

นามผู้วิจัย นายอาคม ม่วงเขาแดง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ cúสิต ธนเพทาย, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูเกียรติ การะเกตุ, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์คúลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์มงคล รักษาพัชรวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การค้นหาใบหน้าและดวงตาเพื่อตรวจจับอาการง่วงโดยวิธีประมวลผลภาพ

Face and Eye Tracking for Drowsiness Detection using Image Processing Method

โดย

นายอาคม ม่วงเขาแดง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2552

อาคม ม่วงเขาแดง 2552: การค้นหาใบหน้าและดวงตาเพื่อตรวจจับอาการง่วงโดยวิธี
ประมวลผลภาพ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ประชานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์
ดุสิต ธนเพทาย, Ph.D. 60 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการค้นหาใบหน้าและดวงตาเพื่อตรวจจับอาการง่วงโดยวิธี
ประมวลผลภาพ จากการรับสัญญาณภาพจากกล้องดิจิทัลและการวิเคราะห์ข้อมูลสัญญาณภาพ
เพื่อหาลักษณะที่จะเป็นสาเหตุของอาการง่วงนอน โดยมีขั้นตอนหลักแบ่งเป็นสองขั้นตอน โดย
ขั้นตอนแรกเริ่มตั้งแต่การรับสัญญาณภาพแบบต่อเนื่องด้วยกล้องดิจิทัลแบบเวป-แคม ที่ความเร็ว
30 ภาพต่อวินาที ขนาด 320 x 240 จุดภาพ และทำการแยกแยะข้อมูลภาพออกเป็นเฟรมภาพ
หลังจากนั้นจะนำเฟรมภาพไปประมวลผลด้วยวิธีการประมวลผลสัญญาณภาพเพื่อวิเคราะห์หาค่า
สีผิว เพื่อให้ได้ผลลัพธ์จำกัดอยู่ในเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่สนใจ และทำการกำหนดกรอบให้มีการ
พิจารณาเฉพาะบริเวณสีผิวบนใบหน้า เพื่อที่จะนำไปสู่ขั้นตอนที่สองซึ่งเป็นการหาอัตราการ
กระพริบตาของเปลือกตา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการหาอัตราการกระพริบของเปลือกตา จะนำไป
แสดงการแจ้งเตือนถึงลักษณะที่อาจเป็นสาเหตุของอาการง่วง วิธีการหาอัตราการกระพริบของ
เปลือกตาเริ่มตั้งแต่การค้นหาตำแหน่งของดวงตาในแต่ละเฟรมภาพจากบริเวณสีผิวบนใบหน้า ซึ่ง
จะใช้วิธีการค้นหาดวงตาจากเฟรมภาพเมื่อมีการกระพริบตาจะสามารถมองเห็นดวงตา และจะ
มองไม่เห็นดวงตาเมื่อหลับตา ซึ่งจะสามารถนำไปหาอัตราการกระพริบของเปลือกตาได้ วิธีการนี้
จะเป็นวิธีการที่ง่ายและลดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้ เพื่อให้มีการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ
ตามเวลาจริงได้

Arkhom Mounghaodaeng 2009: Face and Eye Tracking for Drowsiness Detection using Image Processing Method. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Mr.Dusit Thanapatay, Ph.D. 60 pages.

This thesis proposes face and eye tracking for drowsiness detection using image processing method from digital camera and use the image processing for analyze drowsiness sign. The detection method consisting of two stages. First stage to receive the video image form digital web camera at 30 fps on image size 320 x 240 pixel and separate frame video into individual image. Next, the individual image is compute by skin color region algorithm. The result of skin color segmentation is located face information area in the image and cropped into the region of interest. Second stage to fine eye blink ratio in the face area by intensity pixel algorithm. The intensity pixel algorithm detected pupil of eye from face region. The result of intensity pixel algorithm is detection by eyelid when eye open and eye close for consider rate of eye blink. Theses method is simple to apply on programming for improve in the detection system real time.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุจิต ชนเพทย ประธานกรรมการที่ปรึกษา และคณาจารย์ทุกท่านที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาและได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตลอดจนการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้มีอุปการคุณ คุณครูและอาจารย์ทั้งหลาย ที่ได้อบรมสั่งสอนข้าพเจ้าให้เป็นผู้ใฝ่ดีและสนับสนุนให้ข้าพเจ้าได้รับการศึกษาที่ดี และขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ข้าพเจ้ายินดีน้อมรับข้อเสนอแนะและขออภัย ณ ที่นี้ด้วย

อาคม ม่วงเขาแดง

เมษายน 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	28
ผลการทดลองและวิจารณ์	42
ผลการทดลอง	42
วิจารณ์	54
สรุปและข้อเสนอแนะ	56
สรุป	56
ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	59
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	61

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การหาความถูกต้องของการตรวจหาการกระพริบตา	51
2	การหาอัตราความผิดพลาดของการตรวจจับดวงตา	53

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ตัวอย่างของสัญญาณที่วัดได้จากเครื่องวัดสัญญาณคลื่นสมอง	4
2	ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	4
3	การตรวจจับพฤติกรรมกรับซื้อรถยนต์	5
4	การตรวจจับอาการง่วงจากพฤติกรรมของบุคคล	5
5	เครื่องตรวจจับอาการง่วงด้วยกล้องดิจิทัลพร้อมกับแสงอินฟราเรด	6
6	รายละเอียดของจุดภาพ (pixel) ขนาดต่างๆ	8
7	ลักษณะของภาพเคลื่อนไหวจากการเก็บข้อมูลภาพนิ่ง	8
8	การแสดงผลการผสมสีจากแม่สี R G B	9
9	ความยาวคลื่นของสี RGB (CIE 1931)	9
10	ค่าของสี RGB บนแกนสามมิติ	10
11	สามเหลี่ยม 2 มิติในปริภูมิ 3 มิติของมาตรฐานสี RGB	11
12	ลักษณะของระบบสี HSI	12
13	แผนภาพระดับ Gray Scale	15
14	ภาพสีที่แปลงเป็นภาพระดับสีเทา	16
15	ภาพที่ปรับปรุงให้อยู่ในแบบ Binary Image	16
16	แสดงตัวอย่างลักษณะต่างๆของ Histogram	19
17	แสดงการประมวลผลแบบจุดภาพ	20
18	การประมวลผลแบบหลายจุดภาพ	21
19	ลักษณะตัวอย่าง Spatial Filter	22
20	ตัวอย่างเทมเพลตเกรเดียนท์ของลาปลาเซียน	22
21	รูปแบบสีผิวของตัวอย่างบุคคลในค่าสีแดงและน้ำเงิน	24
22	รูปแบบสีผิวในลักษณะของ Gaussian Distribution ของสี RB	24
23	ตัวอย่างการแสดงผลสีผิวคนในทวีปเอเชีย	25
24	ขั้นตอนการประมวลผลภาพในงานวิจัย	30
25	ลักษณะข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่แยกออกเป็นเฟรมภาพ	33

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	การแสดงผลการแยกข้อมูลภาพสี	33
27	ขั้นตอนการแยกพื้นหลังและสีผิว	34
28	การแยกสีผิวส่วนของใบหน้า	35
29	ขั้นตอนการเปลี่ยนภาพสีผิวให้เป็นภาพขาวดำ	37
30	การปรับภาพสีผิวให้อยู่ในลักษณะของภาพขาวดำ	37
31	เทมเพลต ขนาด 5 x 5	38
32	การกำหนดขอบเขตบนใบหน้า	39
33	ขั้นตอนการค้นหาคำแหน่งดวงตา	40
34	ตัวกรองจุดภาพสีดำเพื่อใช้ระบุกลุ่มจุดภาพสีดำของดวงตา	40
35	แสดงผลการแยกสีผิวกับพื้นหลัง	42
36	แสดงผลการแยกสีผิวให้เป็นภาพขาวดำเทียบกับพื้นหลัง	43
37	แสดงผลการแยกสีผิวกับพื้นหลังโดยเพิ่มค่าความสว่างภาพ	44
38	แสดงผลการเลือกกำหนดเฉพาะบริเวณสีผิวโดยไม่สนใจพื้นหลัง	45
39	แสดงผลการเลือกกำหนดเฉพาะบริเวณสีผิวและเลือกตำแหน่งที่เป็นดวงตา	46
40	การเลือกบริเวณสีผิวและการค้นหาคำแหน่งดวงตาโดยการทดสอบระยะห่างที่ต่างกัน	47
41	แสดงผลการค้นหาใบหน้าและดวงตาที่สภาวะแสงคงที่	48
42	การทดสอบการกระพริบตาตามช่วงเวลาต่างๆที่ 13 fps ระยะเวลา 1 นาที	50
43	ความผิดพลาดของการตรวจจับตำแหน่งของดวงตา	52

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

B	=	ค่าสีน้ำเงิน (Blue)
b_0	=	ค่าประกอบสีน้ำเงิน
CIE	=	การกำหนดมาตรฐานสี (Commission International d'Eclairage)
dpi	=	จุดภาพต่อตารางนิ้ว (dot-per-inch)
fps	=	เฟรมต่อวินาที
G	=	ค่าสีเขียว (Green)
g_0	=	ค่าประกอบสีเขียว
H	=	ค่าความบริสุทธิ์สี
I	=	ค่าความเข้มหรือความสว่างสี
R	=	ค่าสีแดง (Red)
r_0	=	ค่าประกอบสีแดง
S	=	ค่าความอิ่มตัวสี

การค้นหาใบหน้าและดวงตาเพื่อตรวจจับอาการง่วงโดยวิธีประมวลผลภาพ

Face and Eye Tracking for Drowsiness Detection using Image Processing Method

คำนำ

สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากที่ผ่านมามักปี จะเห็นว่ามีผู้คนมากมายที่ได้รับอันตรายจากการปฏิบัติงานอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น ความประมาท ความไม่พร้อมทางร่างกาย และสาเหตุประการหนึ่งที่สำคัญของอุบัติเหตุมาจากอาการง่วงในขณะปฏิบัติงาน เช่น มีผู้ได้รับอุบัติเหตุจากรถยนต์ที่ผู้ขับขี่เกิดอาการหลับใน โดยเฉพาะผู้ที่ต้องปฏิบัติหน้าที่ในเวลาที่ยานพาหนะต้องการการพักผ่อนหรือผู้ที่ต้องทำงานเป็นช่วงเวลา หรือในกรณีที่ผู้ได้รับอุบัติเหตุจากเครื่องจักรกลในขณะปฏิบัติงานเกิดอาการง่วง เป็นต้น

แนวทางหนึ่งที่จะลดการเกิดอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากอาการง่วงนอนคือ การแจ้งเตือนแก่ผู้ที่กำลังปฏิบัติงานในขณะที่เกิดอาการง่วงนอน ด้วยวิธีใช้เสียงเตือนหรือหลอดไฟสัญญาณเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับทราบ ลักษณะของการตรวจจับอาการง่วงนอนนั้นสามารถทำได้จากการสังเกตอาการ เช่น ลักษณะเปลือกตาที่หริ่งมากกว่าปกติ การกระพริบตาเปลือกตาที่ช้าลง การเคลื่อนไหวของศีรษะเอียงไปมา การเกิดอาการนิ่งของเปลือกตาหรือศีรษะเป็นเวลานานกว่าปกติ เป็นต้น การสังเกตอาการง่วงยังสามารถใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าวัดสัญญาณต่างๆ ในร่างกายขณะที่เกิดอาการง่วงได้ แต่การใช้เครื่องมือวัดสัญญาณในร่างกายจะต้องมีส่วนที่สอดใส่เครื่องวัดหรือนำเครื่องมือวัดไปสัมผัสกับร่างกายซึ่งอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความรู้สึกมีสิ่งรบกวนในขณะการทำงาน และเป็นสาเหตุหนึ่งที่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานปฏิเสธการใช้เครื่องเตือนภัย ซึ่งควรต้องหาวิธีการตรวจจับอาการง่วงด้วยวิธีอื่นๆ แทน

ในงานวิจัยนี้จะได้นำเสนอวิธีการตรวจจับการเกิดอาการง่วงนอน จากการรับภาพโดยใช้กล้องดิจิทัลจับภาพและนำมาประมวลผลภาพตามหลักการประมวลผลภาพทางดิจิทัล และนำเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะอาการง่วงนอนโดยสังเกตจากลักษณะของการกระพริบตาและการหริ่งของเปลือกตา เพื่อทำการแจ้งเตือนแก่ผู้ที่กำลังปฏิบัติงานให้ใช้ความระมัดระวังหรือหยุดทำงานในขณะที่กำลังเกิดอาการง่วงนอน และนำเสนอการปรับปรุงขั้นตอนวิธีในการประมวลผลภาพ เพื่อให้ได้การประมวลผลภาพที่มีความรวดเร็วและมีความแม่นยำในการแจ้งเตือน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการตรวจจับข้อมูลภาพเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ
2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลภาพที่จะมีลักษณะเป็นสาเหตุของอาการง่วง
3. เพื่อศึกษาปรับปรุงขั้นตอนการประมวลผลภาพสำหรับการตรวจหาอาการง่วง
4. เพื่อศึกษาและออกแบบพัฒนาการตรวจจับอาการง่วงนอนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การตรวจเอกสาร

การทำวิจัยนี้ผู้ทำวิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการทำงานวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

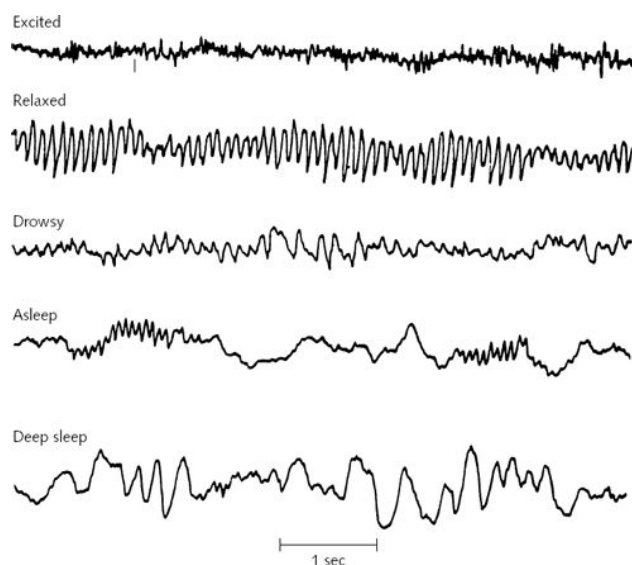
1. เทคนิคการตรวจจับลักษณะอาการง่วงนอน
2. ข้อมูลพื้นฐานของสัญญาณภาพ
3. วิธีการประมวลผลภาพพื้นฐาน
4. กระบวนการประมวลผลคุณภาพ
5. ทฤษฎีและบทความความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1. เทคนิคการตรวจจับลักษณะอาการง่วงนอน

การตรวจจับลักษณะของอาการง่วงนอนที่ทำการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีเทคนิคในการตรวจจับลักษณะอาการง่วงนอนดังนี้

1.1 การตรวจจับด้วยการใช้เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าจากทางร่างกาย

วิธีการนี้จะใช้เครื่องมือทางการแพทย์ โดยเครื่องมือวัดทางการแพทย์ นี้จะให้ผลของการตรวจจับจะอยู่ในรูปของภาพของการพล็อตกราฟ แล้วนำไปวิเคราะห์โดยแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง เครื่องมือสำหรับการตรวจจับจะเป็นสายสัญญาณที่จะต้องติดอยู่กับตัวผู้ตรวจวัด ในบริเวณต่างๆ บนร่างกาย เช่น บนหน้าผาก หรือศีรษะ เป็นต้น โดยลักษณะของสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณคลื่นสมองจากเครื่องวัดสัญญาณคลื่นสมอง สัญญาณที่ได้จะเรียกว่าสัญญาณ EEG (electroencephalogram) เพื่อนำไปวิเคราะห์จะมีลักษณะดังภาพที่ 1 (Bryan, 2004) การตรวจจับลักษณะอาการง่วงจากเครื่องมือแพทย์ถึงแม้จะมีความแม่นยำแต่ก็ไม่สะดวกในการใช้งานในชีวิตประจำวันได้ เนื่องจากมีส่วนที่สัมผัสกับร่างกายไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงานในชีวิตประจำวัน และการวัดจะมีขบวนการที่ซับซ้อน ดังนั้นอาจไม่เหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานเป็นเครื่องตรวจจับทั่วไป



ภาพที่ 1 ตัวอย่างของสัญญาณที่วัดได้จากเครื่องวัดสัญญาณคลื่นสมอง

1.2 การตรวจจับอาการง่วงด้วยการตรวจจับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂)

การตรวจจับอาการง่วงด้วยเครื่องตรวจจับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นเครื่องตรวจจับด้วยการวัดปริมาณก๊าซ ในกรณีที่เกิดอาการง่วงจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจ โดยในขณะที่เกิดอาการง่วงนอนร่างกายจะมีความต้องการบริโภคออกซิเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะมากตาม ทำให้สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงนี้และให้มีการเตือนถึงสาเหตุของอาการง่วงได้ โดยลักษณะของอุปกรณ์ตรวจจับปริมาณก๊าซจะมีลักษณะดังภาพที่ 2

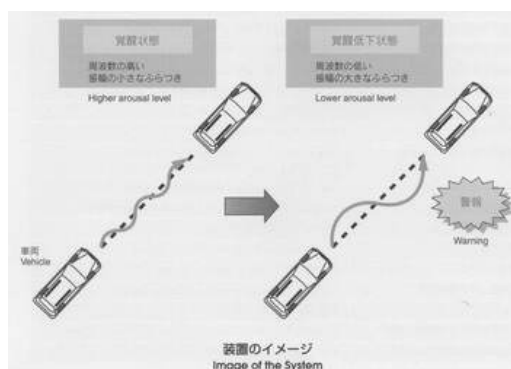


ภาพที่ 2 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การตรวจจับด้วยเครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถใช้งานได้ดี ถ้าหากบริเวณนั้นเป็นบริเวณที่ไม่มีสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงมาก แต่ความแม่นยำในการตรวจวัดจะต้องติดตั้งเครื่องไว้กับร่างกายตลอดเวลาอาจไม่สะดวกนักที่จะใช้งาน

1.3 การตรวจจับอาการจากพฤติกรรมของบุคคล

เป็นการตรวจจับพฤติกรรมของผู้ที่กำลังใช้งานรถยนต์โดยการบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ เช่น การตรวจจับจากการหมุนพวงมาลัยรถ หรือการตรวจจับลักษณะที่รถที่กำลังส่ายไปมาจากล้อ ดังแสดงจากภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การตรวจจับพฤติกรรมการขับขี้อยนต์

จากเทคนิคของการตรวจจับจะเห็นว่ามีย่อจำกัดเฉพาะการทำงานหรือการปฏิบัติงานบางอย่างเท่านั้น ซึ่งถือว่าการตรวจจับตามสภาพของการปฏิบัติงานกับเครื่องมือที่ใช้งานบางชนิด การตรวจจับพฤติกรรมนั้น นอกจากจะตรวจจับจากอุปกรณ์ที่มีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลแล้ว ยังมีเทคนิคการตรวจจับที่ตัวบุคคลด้วยดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การตรวจจับอาการง่วงจากพฤติกรรมของบุคคล

จากภาพที่ 4 เป็นการตรวจจับอาการเร่งจากการทำงานของโยกศีรษะของบุคคลโดยที่มีตัวตรวจจับการเอียงเมื่อมีการก้มศีรษะ เครื่องตรวจจับจะส่งเสียงเตือนให้ผู้ใช้ได้รับรู้ การตรวจจับลักษณะดังกล่าวอาจมีความผิดพลาดอยู่บ้างหากผู้ใช้มีความจำเป็นต้องเอียงศีรษะมองบางสิ่งบางอย่างหรือมีการเอียงศีรษะเพื่อทำกิจกรรมบางอย่างซึ่งอาจไม่ได้เกี่ยวกับการเร่งนอน

1.4 การตรวจจับอาการเร่งด้วยการสังเกตอาการเร่งจากกล้องดิจิตอล

การตรวจจับอาการเร่งด้วยการตรวจจับลักษณะอาการเร่งจากกล้องดิจิตอลจะทำงานร่วมกับการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการตรวจจับจากกล้องดิจิตอลนั้นมีรูปแบบของการตรวจจับได้หลายรูปแบบ เช่น การตรวจจับร่วมกับกล้องดิจิตอลที่ถูกออกแบบมาเพื่อการตรวจจับอาการเร่งโดยเฉพาะ เช่น ตัวอย่างของระบบตรวจจับอาการเร่งจากกล้องดิจิตอลที่มีการใช้แสงอินฟราเรด โดยที่กล้องดิจิตอลนั้นสามารถบันทึกภาพแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบบนใบหน้าได้ เพื่อนำภาพที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ถึงลักษณะอาการเร่ง ดังแสดงลักษณะของระบบในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องตรวจจับอาการเร่งด้วยกล้องดิจิตอลร่วมกับแสงอินฟราเรด

การตรวจจับอาการเร่งจากกล้องดิจิตอลนี้จะให้ความสำคัญที่โปรแกรมการประมวลผลภาพ ที่จะมีการวิเคราะห์ภาพที่ถูกตรวจจับได้จากกล้องดิจิตอล ในบางกรณีจะมีการใช้แสงอินฟราเรดร่วมด้วย เพื่อให้การวิเคราะห์ภาพที่ตรวจจับได้มีความแม่นยำมากขึ้น

ในงานวิจัยนี้ให้ความสนใจที่การตรวจจับอาการเร่งนอนด้วยกล้องดิจิตอลเพื่อการประมวลผลภาพ เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ

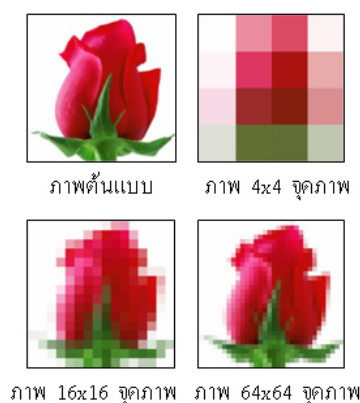
2. ข้อมูลพื้นฐานของสัญญาณภาพ

2.1 ลักษณะพื้นฐานของส่วนประกอบภาพ

ภาพโดยทั่วไปแบ่งตามลักษณะของภาพสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว ซึ่งการกระทำใดๆ กับภาพนั้นเรียกว่า การประมวลผลภาพ ซึ่งการประมวลผลภาพสามารถทำได้ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่งจะสามารถประมวลผลภาพได้ง่ายเนื่องจากการประมวลผลภาพนิ่งจะไม่มีความต้องการของภาพตามเวลา การประมวลผลภาพนิ่งส่วนมากจะเน้นเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพของภาพนิ่ง กรณีที่เป็นภาพเคลื่อนไหวจะมีความต้องการของภาพซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลา การประมวลผลภาพเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับเวลาซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้การประมวลผลภาพทำได้ยากยิ่งขึ้น โดยพื้นฐานของภาพเคลื่อนไหวจะมาจากภาพนิ่งหลายๆภาพที่มีการเรียงลำดับตามจังหวะเวลาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้มองเห็นเป็นการเคลื่อนไหวในจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของภาพนั้นๆ

2.2 ข้อมูลภาพ

ภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพแบบดิจิตอลจะมีข้อมูลภาพ ซึ่งสามารถจะนำไปประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ การเก็บข้อมูลภาพจะเป็นการเก็บข้อมูลค่าความเข้มของแสงที่สะท้อนมาจากวัตถุ แสงที่สะท้อนจะถูกเก็บเป็นจุดภาพ(Pixel) เรียงอย่างต่อเนื่องตามแนวพิกัด 2 มิติ ซึ่งจะปรากฏเป็นภาพที่ได้ เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดตกกระทบวัตถุและสะท้อนจากวัตถุมายังตัวรับภาพ (Image sensor) จะได้ค่าความเข้มของแสงแต่ละระดับตามลักษณะการสะท้อนและการดูดกลืนแสงของวัตถุ การรับภาพในแต่ละจุดภาพจะเก็บค่าความเข้มของแสงแม่สี 3 สี คือ แดง เขียว น้ำเงิน การรวมกันของค่าสีทั้ง 3 สีจะได้เป็นจุดภาพหนึ่งจุด ในภาพนิ่ง 1 ภาพจะเป็นการเก็บค่าความเข้มของแสงแต่ละจุดภาพที่เรียงต่อเนื่องกันไปตลอดทั้งภาพตามแนวพิกัด 2 มิติ ขนาดของจุดภาพจะแสดงถึงรายละเอียดของภาพดังแสดงในภาพที่ 6 ภาพที่มีความละเอียดสูงจะมีจำนวนจุดภาพมากต่อหน่วยพื้นที่ การแสดงความละเอียดของภาพจะนิยมแสดงเป็นจำนวนจุดภาพต่อตารางนิ้ว (dot-per-inch: dpi) ดังนั้นภาพนิ่ง 1 ภาพจะประกอบไปด้วยจำนวนจุดภาพหลายๆจุด



ภาพที่ 6 รายละเอียดของจุดภาพ (pixel) ขนาดต่างๆ

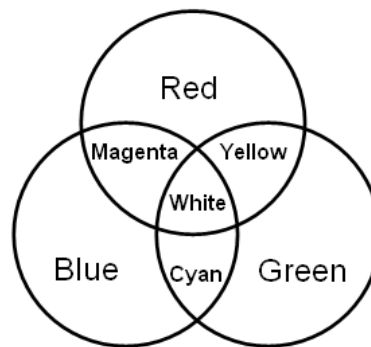
การเก็บข้อมูลภาพเคลื่อนไหวจะทำในทำนองเดียวกันคือ เก็บเป็นภาพนิ่งหลายภาพต่อหน่วยเวลาต่อเนื่องกันไปซึ่งนิยมใช้เป็นหน่วยวินาที โดยทั่วไปกล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวจะทำการเก็บภาพเป็น 30 ภาพต่อวินาที ด้วยความเร็วในการเก็บภาพจะทำให้มองเห็นเป็นภาพเคลื่อนไหวที่มีความต่อเนื่องดังแสดงในภาพที่ 7 ภาพนิ่งในภาพเคลื่อนไหวแต่ละภาพจะเรียกว่า เฟรม (Frame) จากลักษณะของภาพที่เป็นภาพเคลื่อนไหวสามารถทำการประมวลผลภาพได้ เช่นเดียวกับภาพนิ่งโดยการประมวลผลจากเฟรมภาพ



ภาพที่ 7 ลักษณะของภาพเคลื่อนไหวจากการเก็บข้อมูลภาพนิ่ง

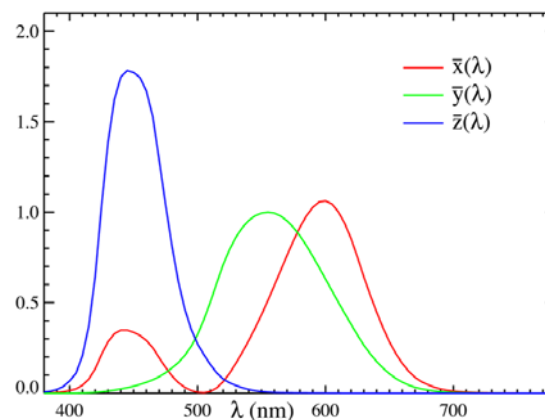
2.3 ระบบสี

ภาพสีที่ได้จากการถ่ายภาพของกล้องดิจิทัลประกอบด้วยค่าความเข้มของสี 3 สี คือ แดง (Red: R) เขียว (Green: G) น้ำเงิน (Blue: B) และค่าความสว่างของภาพ โดยทั่วไปแล้วสีทั้ง 3 จะใช้เป็นแม่สีเมื่อผสมกันแล้วจะทำให้ได้สีอื่นเกิดขึ้นตามมา เมื่อรวมค่าความเข้มด้วยค่าสูงสุดของทั้ง 3 สีเข้าด้วยกันจะได้เป็นสีขาว โดยมีลักษณะของการผสมสีทางแสงตามรูปแบบดังภาพที่ 8



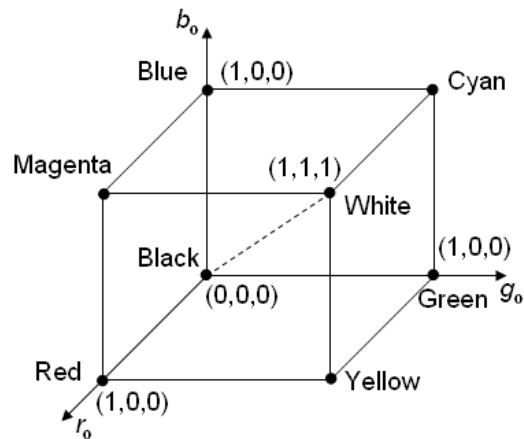
ภาพที่ 8 การแสดงการผสมสีจากแม่สี R G B

การกำหนดมาตรฐานของสีถูกกำหนดขึ้นโดย Commission International d'Eclairage (CIE) ในปี ค.ศ. 1931 เพื่อกำหนดค่าของสีให้เป็นมาตรฐานของการหาค่าของแต่ละสีโดยได้จากการหาค่าความยาวคลื่นแสงของแต่ละสีดังแสดงไว้ในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ความยาวคลื่นของสี RGB (CIE 1931)

การกำหนดรูปแบบของสี (RGB Color Model) สามารถอธิบายได้โดยการกำหนดให้อยู่ในปริภูมิ 3 มิติ โดยแสดงดังภาพที่ 10 ซึ่งนำมาพล็อตกราฟในระบบพิกัดมาตรฐาน R G B โดยกำหนดให้ ค่าความเข้ม (Intensity) สูงสุดของสีแต่ละสีเป็น 1 และความมืดของแต่ละสีเป็น 0



ภาพที่ 10 ค่าของสี RGB บนแกนสามมิติ

จากภาพที่ 10 สามารถทำการหาค่าบรรทัดฐานสี (Normalize color space) ได้โดย

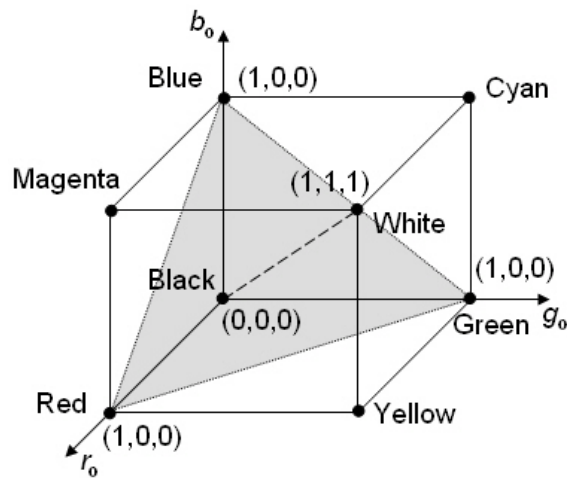
$$r_o = \frac{R}{R_{\max}} \quad (1)$$

$$g_o = \frac{G}{G_{\max}} \quad (2)$$

$$b_o = \frac{B}{B_{\max}} \quad (3)$$

เมื่อ r_o, g_o, b_o เป็นค่าประกอบของแต่ละสี และ $R_{\max}, G_{\max}, B_{\max}$ เป็นค่าความเข้มสูงสุดของแต่ละสี ในระบบของสีที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณดิจิทัลขนาด 24 บิต กำหนดให้แต่ละสี R G B แต่ละสีมีขนาด 8 บิต ดังนั้นค่าความเข้มของสีจะมีระดับความแตกต่างกันได้ ตั้งแต่ 0 ถึง 255 ระดับในแต่ละสี เมื่อนำสีทั้งสามมารวมกันจะได้ความแตกต่างของสีเป็น 16,777,216 สี หรือประมาณ 16.7 ล้านสี

นอกจากรูปแบบมาตรฐานสี RGB แล้วยังมีรูปแบบมาตรฐานสีอื่นๆที่นำมาใช้งาน เช่น รูปแบบมาตรฐานสี HSI โดยที่ H (Hue) หมายถึงค่าความบริสุทธิ์ของสี S (Saturation) หมายถึงค่าความอิ่มตัวของสี I (Intensity) หมายถึง ค่าความเข้มของสี เมื่อพิจารณาจากพิกัด 3 มิติของมาตรฐานสี RGB ไปเป็นพิกัด 2 มิติจะได้เป็นลักษณะของรูปสามเหลี่ยมดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 สามเหลี่ยม 2 มิติในปริภูมิ 3 มิติของมาตรฐานสี RGB

การพิจารณาในมาตรฐานสี RGB ไปเป็นมาตรฐานสี HSI สามารถทำได้ เมื่อพิจารณาที่สีน้ำเงิน (b) ในกรณีที่มีค่าน้อยที่สุดของสี RGB จะเห็นได้ว่าค่าความบริสุทธิ์ของสี (H) จะอยู่ในช่วงมุมที่ 0 องศา ถึง 120 องศา ในทำนองเดียวกันการพิจารณาสีแดง (r) ในกรณีที่มีค่าน้อยที่สุดของสี RGB จะมีพื้นที่ทางด้านขวาของสามเหลี่ยมที่มีความบริสุทธิ์ของสี (H) อยู่ในช่วงมุมที่ 120 องศา ถึง 240 องศา และเมื่อพิจารณาสีเขียว (g) ในกรณีที่มีค่าน้อยที่สุดของสี RGB จะมีพื้นที่ทางด้านซ้ายของสามเหลี่ยมที่มีค่าความบริสุทธิ์ของสี (H) อยู่ในช่วงมุมที่ 240 องศา ถึง 360 องศา เมื่อเขียนอยู่ในรูปของสมการจะได้ดังนี้

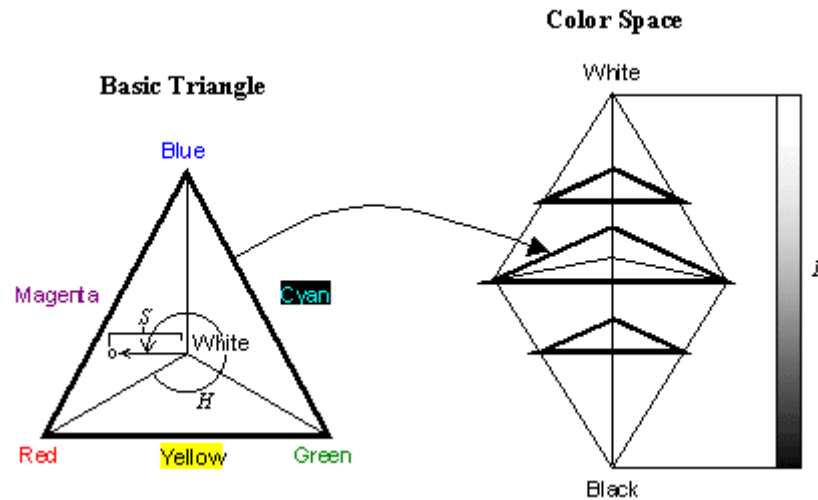
$$b = \frac{B}{R + G + B} \quad (7)$$

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad (8)$$

$$g = \frac{G}{R + G + B} \quad (9)$$

เมื่อ r g b เป็นค่ามาตรฐานสีในรูปแบบมาตรฐานสี HSI ซึ่งจากภาพที่ 10 และสมการที่ (7) (8) (9) จะเห็นว่าเป็นการพิจารณาแต่ละสีจะเป็น 1/3 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 10 จะเห็นว่ารูปสามเหลี่ยมนั้นจะกั้นอยู่ระหว่างค่าของสีดำและขาว เมื่อแสดงในภาพที่ 12 จะทำให้เห็นความชัดเจนได้มากขึ้น สีใน

รูปแบบมาตรฐาน HIS บางครั้งจะมีความสอดคล้องกับชื่อมาตรฐานสี HSL (Hue: H, Saturation: S, Light: L)



ภาพที่ 12 ลักษณะของระบบสี HSI

ดังนั้นสามารถหาค่าความเข้มของสี (Intensity : I) ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation : S) และค่าความบริสุทธิ์ของสี (Hue : H) ในเทอมของมาตรฐานสี RGB ได้ดังนี้

$$\text{Intensity, } I = \frac{R + G + B}{3} \quad (10)$$

$$\text{Saturation, } S = 1 - 3 \times \min[r, g, b] \quad (11)$$

$$\text{Hue, } H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{2}{3}(r - \frac{1}{3}) - \frac{1}{3}(b - \frac{1}{3}) - \frac{1}{3}(g - \frac{1}{3})}{\sqrt{\left(\frac{2}{3}\right) \left[(r - \frac{1}{3})^2 + (b - \frac{1}{3})^2 + (g - \frac{1}{3})^2 \right]}} \right] \quad (12)$$

ในสมการที่ (12) เมื่อ $b > g$ จะทำให้ H มีค่ามากกว่า 180 องศา ในกรณีนี้จะแทนด้วย $360 - H$

ในลักษณะทำนองเดียวกันสำหรับการแปลงค่ากลับ (Inverse transformation) จากมาตรฐานระบบสี HSI เป็นมาตรฐานระบบสี RGB ได้โดยที่มองจากภาพที่ 12 สามารถกำหนดให้อยู่ในสามเหลี่ยมของระบบสี HSI ได้ดังนี้ ถ้าให้ $H = \theta$
สำหรับ $0^\circ \leq \theta < 120^\circ$

$$b = \frac{1}{3}(1 - S) \quad (13)$$

$$r = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos \theta}{\cos(60^\circ - \theta)} \right] \quad (14)$$

$$g = 1 - r - b \quad (15)$$

สำหรับ $120^\circ \leq \theta < 240^\circ$

$$r = \frac{1}{3}(1 - S) \quad (16)$$

$$g = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos(\theta - 120^\circ)}{\cos(180^\circ - \theta)} \right] \quad (17)$$

$$b = 1 - r - g \quad (18)$$

สำหรับ $240^\circ \leq \theta < 360^\circ$

$$g = \frac{1}{3}(1 - S) \quad (19)$$

$$b = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos(\theta - 240^\circ)}{\cos(300^\circ - \theta)} \right] \quad (20)$$

$$r = 1 - b - g \quad (21)$$

จากภาพที่ 11 ยังมองเห็นความสัมพันธ์ของสีที่อยู่ในรูปแบบมาตรฐานอื่นที่ได้จากมาตรฐาน RGB ซึ่งถูกเรียกว่า additive primaries (B.Chanda, D.Dutta Majumder, 2007) ซึ่งอยู่ในรูปแบบมาตรฐานสี CMY (Cyan, Magenta, Yellow) ซึ่งถูกเรียกว่า subtractive primaries ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการนำค่าสี R G B ไปลบออกจากแสงสีขาวนั่นเองดังสมการที่ 22

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (22)$$

มาตรฐานของสีส่วนหนึ่งในยุคเริ่มต้นที่ใช้สำหรับการกระจายภาพทางโทรทัศน์คือมาตรฐานสี YIQ ซึ่งในยุคเริ่มต้นนั้นโทรทัศน์ใช้ระบบภาพขาวดำรวมอยู่ด้วยดังนั้นโทรทัศน์ขาวดำจะต้องรับภาพจากการส่งกระจายสี RGB ของสถานีและจะต้องถูกแปลงค่าอยู่ในรูปของระดับค่าความสว่างของระบบสีแบบ RGB โดยมีรูปแบบของการแปลงค่าจากระบบสี RGB ไปเป็น YIQ ตามสมการที่ 23

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (23)$$

ในขณะที่อยู่ในรูปแบบมาตรฐานของสี YIQ สามารถนำมาคำนวณหาค่าความบริสุทธิ์ของสี (Hue: H) และค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation: S) ได้ดังนี้

$$S = \sqrt{I^2 + Q^2} \quad (24)$$

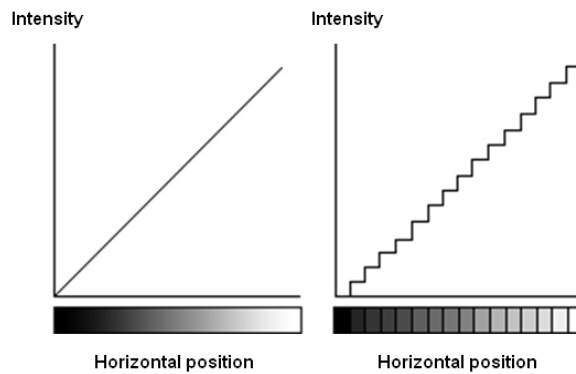
$$H = \theta = \tan^{-1} \left[\frac{Q}{I} \right] \quad \text{เมื่อ } S \neq 0 \quad (25)$$

เมื่อค่า H ถูกกำหนดให้ค่าอยู่ที่ 0 ถึง 360 องศา และจะไม่ถูกกำหนดถ้าหากค่าความอิ่มตัวเป็นศูนย์ซึ่งจะหมายถึงค่าที่เป็นระดับของระบบสีที่มีการไล่ระดับจากดำไปขาวหรือระบบ Gray Scale

2.4 ภาพไล่ระดับสีขาวดำ(Gray scale image)

สำหรับภาพที่มีการเก็บข้อมูลเป็นความสว่างของแสงหลายระดับนั้น จะทำให้การเก็บข้อมูลภาพมีความหลากหลายของค่าความสว่างในภาพ โดยพิจารณาจากค่าของแสง เช่น ถ้าไม่มีแสงสว่างที่จุดภาพนั้นจะมีระดับเป็นสีดำ ถ้ามีความสว่างแสงเพียงเล็กน้อยที่จุดภาพนั้นจะอยู่ในระดับสีเทา ถ้ามีความสว่างแสงมากที่จุดภาพนั้นจะอยู่ในระดับของแสงสีขาว ซึ่งเรียกลักษณะของภาพชนิดนี้ว่า Gray scale image การแบ่งระดับของแสงจะขึ้นอยู่กับการเก็บข้อมูลภาพ ถ้าหากการแบ่งระดับของแสงจากมืดสนิทไปสู่ความสว่างสูงสุดมีความละเอียดมากภาพที่ได้ก็จะมีรายละเอียด

ของภาพมาก การเก็บข้อมูลภาพก็จะมีปริมาณมากตามไปด้วย การแสดงแถบภาพดำไล่ระดับไปจนถึงสีขาวดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แผนภาพระดับ Gray Scale

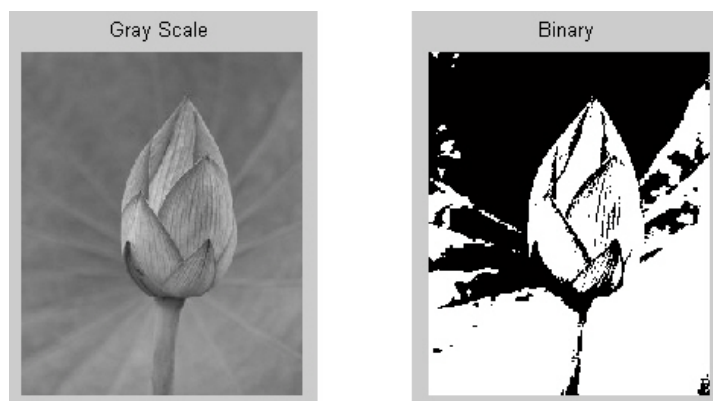
การแปลงภาพระดับสีเทาจะนำไปใช้งานเมื่อต้องการเปลี่ยนจากภาพสีไปเป็นระดับความเข้มภาพ ซึ่งภาพสี R G B จะประกอบด้วยค่าความเข้มของแต่ละสี เช่น เมื่อให้สีแต่ละสีเป็นข้อมูลดิจิทัลขนาด 8 บิต เมื่อนำค่าข้อมูลของทั้ง 3 สีมารวมกัน โดยให้ค่าสีทุกสีมีระดับความเข้มสูงสุดที่ระดับ 255 จะทำให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาว ถ้าให้สีทุกสีมีค่าระดับกลางที่ระดับ 127 จะทำให้จุดภาพนั้นเป็นจุดภาพสีเทา และถ้าให้ทุกสีมีค่าระดับความเข้มต่ำสุดจุดภาพนั้นจะเป็นสีดำ จะสังเกตได้ว่าค่าระดับสีเทานั้นจะมีได้หลายระดับ ตั้งแต่ก่อนที่ทุกสีจะมีค่าระดับสูงจนถึงก่อนที่ทุกสีจะมีค่าระดับต่ำสุด ดังนั้นค่าของระดับสีเทาในแต่ละจุดภาพจะทำให้ภาพมีลักษณะความเข้มในแต่ละจุดภาพที่แตกต่างกันดังแสดงลักษณะการแปลงภาพจากภาพสีเป็นภาพระดับสีเทาในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ภาพสีที่แปลงเป็นภาพระดับสีเทา

2.5 ภาพขาวดำ(Binary image)

ภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัล ในบางกรณีการเก็บข้อมูลภาพจะเก็บเป็นความเข้มของแสงสว่าง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลของภาพเป็นระดับของความสว่าง เช่น ถ้าหากความสว่างของแสงมีปริมาณมากข้อมูลภาพก็จะเป็นระดับของแสงสีขาวในตำแหน่งของจุดภาพนั้น แต่ถ้าความสว่างของแสงมีปริมาณน้อยมากๆ ข้อมูลของภาพก็จะเป็นระดับสีดำในตำแหน่งของจุดภาพนั้น ภาพที่ได้ทั้งหมดก็จะปรากฏเฉพาะระดับของสีขาวและสีดำเท่านั้นซึ่งเรียกว่า Binary Image โดยทั่วไปจะใช้การแทนระดับสีดำให้มีค่าเป็นระดับลอจิก “0” ซึ่งเป็นบริเวณภาพที่มีความมืด และแทนระดับสีขาวด้วยระดับลอจิก “1” ซึ่งเป็นบริเวณภาพที่มีความสว่าง ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ภาพที่ปรับปรุงให้อยู่ในแบบ Binary Image

3. วิธีการประมวลผลภาพพื้นฐาน

3.1 การปรับภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทา

ภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลนั้นมักจะเป็นข้อมูลภาพสี ซึ่งในแต่ละจุดภาพจะประกอบไปด้วยค่าของสีหลัก 3 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ซึ่งถ้าหากมีการนำข้อมูลภาพไปทำการประมวลผลจะทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลข้อมูลภาพนาน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับข้อมูลภาพให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้นโดยเมื่อพิจารณาข้อมูลภาพในลักษณะข้อมูลแบบ 8 บิต จะเห็นว่า ถ้าหากสีหลักทั้ง 3 สี มีขนาด 8 บิต แต่ละสีจะมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงได้ตั้งแต่ 0 ถึง 255 ค่า ในกรณีที่ให้ความเข้มของแสงของสีทั้ง 3 สีเท่ากันทั้งหมดที่ค่าความเข้มแสงที่ 255 จะทำให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาวในทางกลับกันถ้าให้ความเข้มของแสงที่ 0 จะทำให้จุดภาพนั้นเป็นสีดำ และถ้าให้ค่าความเข้มแสงที่ 127 จะได้จุดภาพเป็นสีเทา จากลักษณะดังกล่าวเราสามารถทำให้ภาพสีนั้นถูกแปลงให้อยู่ในลักษณะความเข้มแสงภาพที่ได้จะเป็นภาพที่เป็นระดับสีเทาหรือเรียกว่า gray scale ซึ่งสามารถนำข้อมูลความเข้มแสงในระดับสีเทานั้นจะทำให้ง่ายต่อการประมวลผลภาพ การปรับภาพสีให้อยู่ในระดับสีเทานั้นสามารถทำได้ตามสมการที่ 26

$$P_{\text{gray}} = 0.2989 \times R + 0.5879 \times G + 0.1140 \times B \quad (26)$$

เมื่อ P_{gray} คือ จุดภาพที่ถูกคำนวณให้เป็นระดับสีเทา
 R, G, B คือ ค่าความเข้มแสงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ตามลำดับ

3.2 การเทียบค่าคงที่กับค่าข้อมูลภาพ (Thresholding)

ข้อมูลภาพดิจิทัลที่ได้นั้นสามารถนำมากระทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะของภาพได้ ซึ่งจากลักษณะของข้อมูลในแต่ละจุดภาพจะถูกแทนด้วยค่าตัวเลข ซึ่งถ้าเป็นข้อมูลภาพสีก็จะหมายถึงค่าของสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน การปรับค่าข้อมูลภาพเทียบกับค่าคงที่นั้นจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของภาพไปได้ เช่น การทำภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพที่มีเพียงสองระดับหรือภาพไบนารี (Binary Image) ดังเช่นตัวอย่างภาพในภาพที่ 15 กระบวนการของการจะพิจารณาค่าของข้อมูลสีแต่ละจุดภาพเทียบกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง ที่เรียกว่า Threshold โดยมีเงื่อนไขว่า หากค่าข้อมูลสีมีค่าน้อยกว่าค่าคงที่ที่กำหนดจะกำหนดให้จุดภาพนั้นมีค่าเป็นสีดำ ("0") ในทางตรงกันข้ามถ้าหากข้อมูลสี มีค่ามากกว่าค่าคงที่ที่

กำหนดไว้จะกำหนดให้จุดภาพนั้นมีค่าเป็นสีขาว (“255”) โดยสามารถกำหนดให้อยู่ในลักษณะของสมการได้ดังสมการที่ 27

$$P(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{if } I(x,y) < T \\ 2^B - 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (27)$$

เมื่อ $P(x,y)$ คือ ค่าของจุดภาพเมื่อผ่านการคำนวณค่า Threshold แล้ว

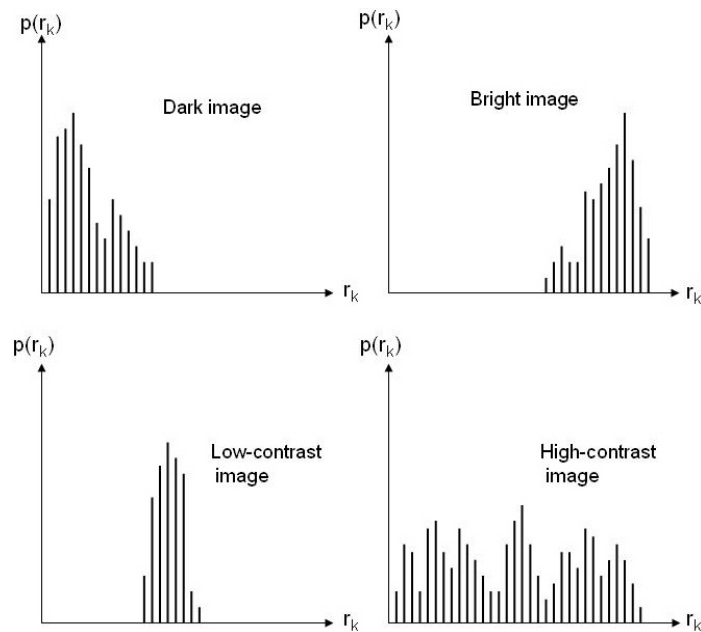
I คือ ค่าของข้อมูลสี ณ ตำแหน่ง x,y ที่กำลังพิจารณา

T คือ ค่า Threshold

B คือ จำนวนบิตของระบบภาพ

3.3 วิธีการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคของแท่งกราฟ (Histogram Processing)

ภาพที่ใช้สำหรับการประมวลผลนั้นบางครั้งอาจไม่สามารถนำมาทำการประมวลผลได้ทันที เนื่องจากข้อมูลภาพนั้นอาจไม่มีความชัดเจน ขาดรายละเอียดที่สำคัญ หรือรายละเอียดที่จำเป็นต่อการที่จะนำข้อมูลภาพนั้นมาทำการประมวลผลต่อ ดังนั้นเพื่อให้ภาพนั้นมีความชัดเจนขึ้น วิธีการอย่างหนึ่งซึ่งสามารถทำได้ คือวิธีการปรับปรุงภาพด้วยการใช้เทคนิคของกราฟแท่ง (Histogram technique) จะทำให้เราทราบถึงลักษณะความมืดและความสว่างของภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเก็บรายละเอียดของภาพได้ เช่น ความมืดของภาพ ความสว่างของภาพ ความเข้มของภาพ เป็นต้น ดังแสดงลักษณะของภาพกราฟ Histogram ในลักษณะข้อมูลภาพที่แตกต่างกัน ในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างลักษณะต่างๆของ Histogram

ถ้าหากภาพที่จะนำมาทำการปรับปรุงเป็นภาพดิจิทัลที่อยู่ในรูปแบบของภาพระดับสีเทา (gray scale levels) ที่มีช่วงอยู่ระหว่าง 0 ถึง $L-1$ (ค่าสูงสุดในระดับสีเทา) และถ้าเขียนอยู่ในรูปฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่องจะได้ว่า

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (27)$$

เมื่อ $p(r_k)$ เป็นจุดภาพลำดับที่ k ของระดับสีเทาและ n_k เป็นจำนวนของจุดภาพในภาพระดับสีเทาลำดับที่ k และ n คือจำนวนของจุดภาพทั้งหมด และ k มีช่วงอยู่ระหว่าง $k=0,1,2,\dots,L-1$

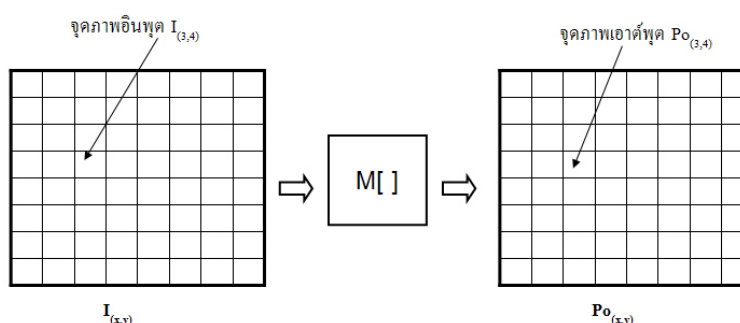
4. กระบวนการประมวลผลจุดภาพ

4.1 การประมวลผลแบบจุดภาพ (Pixel point processing)

การประมวลผลแบบจุดภาพ จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพแบบจุดต่อจุด การเปลี่ยนค่าของระดับสีเทาจะได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์[5] โดยสามารถเขียนเป็นสมการของการประมวลผลภาพแบบจุดได้ดังสมการที่ 28

$$Po_{(x,y)} = M[I_{(x,y)}] \quad (28)$$

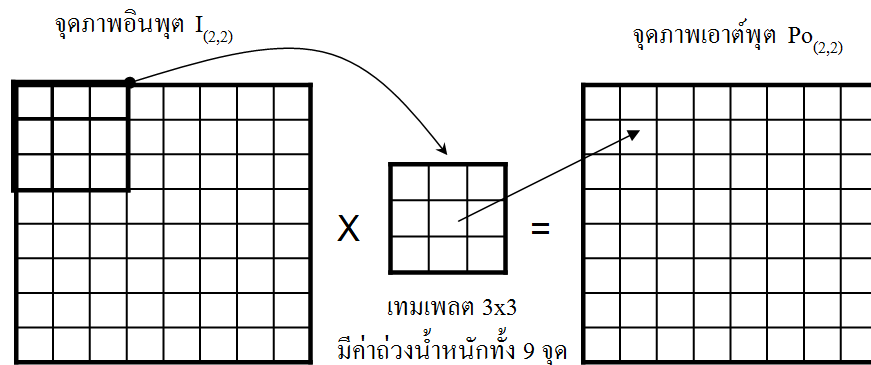
เมื่อ $I_{(x,y)}$ เป็นภาพอินพุต $Po_{(x,y)}$ เป็นภาพเอาต์พุต และ $M[]$ เป็นฟังก์ชันในการแทน (Mapping) ข้อมูลซึ่งจะประมวลผลในหนึ่งจุดภาพ โดยจุดภาพแต่ละจุดจะถูกคำนวณเพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาตามสมการที่กำหนดไว้ โดยที่ค่าของการเปลี่ยนแปลงระดับสีเทาจะนำมาแทนค่าเดิมในตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับภาพอินพุต ดังแสดงลักษณะการประมวลผลแบบจุดต่อจุดดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 แสดงการประมวลผลแบบจุดภาพ

4.2 การประมวลผลแบบหลายจุดภาพ (Pixel group Processing)

การประมวลผลแบบหลายจุดภาพ จะทำการพิจารณาจากจำนวนจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกัน โดยจะทำการรวมเป็นกลุ่มของจุดภาพที่มีขนาดของกลุ่มจุดภาพตามความต้องการ โดยทั่วไปมักจะเริ่มต้นที่ขนาดจุดภาพ 3x3 จุดภาพ 5x5 จุดภาพ หรือ 7x7 จุดภาพ จะเห็นว่าตัวเลขของการจัดกลุ่มจุดภาพจะเป็นเลขคี่ เนื่องจากจะทำให้มีจุดศูนย์กลางของกลุ่มจุดภาพเพื่อใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งในการเคลื่อนไปยังตำแหน่งต่างบนข้อมูลภาพ การประมวลผลแบบหลายจุดภาพนี้จะเป็นการนำจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่กำลังพิจารณาทำการพิจารณาไปด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับสีเทาของภาพได้ การทำการประมวลผลจะทำในลักษณะที่ใช้ค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อเปลี่ยนแปลงของภาพตามความต้องการ เช่น การทำให้ภาพมีความสว่างมากขึ้นอาจส่งผลทำให้เห็นรายละเอียดของภาพมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการดึงรายละเอียดของภาพในขั้นตอนต่อไป หรือการทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้นจะทำให้ขอบของภาพมีความเด่นชัด ซึ่งสามารถทำการหาขอบของภาพได้ง่ายขึ้น หรืออาจทำให้ภาพนั้นมีความคมชัดน้อยลงซึ่งจะทำให้ภาพมีความสม่ำเสมอทั้งภาพ ซึ่งหลักการประมวลผลเป็นดังภาพที่ 18



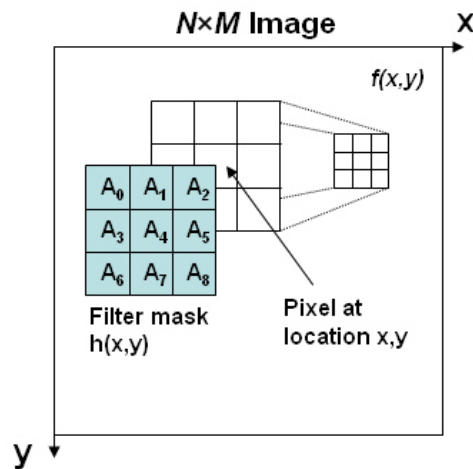
ภาพที่ 18 การประมวลผลแบบหลายจุดภาพ

การประมวลผลจะพิจารณาในจุดภาพที่เราสนใจคือจุดตรงกลางของเทมเพลต ซึ่งค่าจะถูกปรับปรุงตามค่าของจุดภาพที่อยู่รอบๆ จุดกึ่งกลางเทมเพลต การประมวลผลเอาต์พุตในแต่ละครั้ง หมายถึง การทำคอนโวลูชันภาพอินพุตกับเทมเพลต ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 29

$$Po(x,y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 T(i,j) I(x-2+i, y-2+j) \quad (29)$$

4.3 การใช้ตัวกรองเชิงพื้นที่ (Spatial Filtering)

ตัวกรองเชิงพื้นที่เป็นขบวนการหนึ่งที่ใช้สำหรับประมวลผลภาพ โดยสามารถปรับปรุงข้อมูลภาพที่มีสัญญาณรบกวน (Noise) ได้ ตัวกรองเชิงพื้นที่บางกรณีจะอยู่ในรูปแบบที่มีความเป็นเชิงเส้น (Linear) หรือไม่อยู่ในรูปแบบของความไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) ก็ได้ ตัวกรองเชิงพื้นที่ที่เป็นเชิงเส้นจะนำมาใช้ในการปรับปรุงข้อมูลภาพในแบบ 2 มิติ ดังแสดงลักษณะในภาพที่ 19 ซึ่งจะกระทำกับข้อมูลภาพ $f(x,y)$ ขนาด $N \times M$ ด้วยหน้ากากรอง $h(x,y)$ ซึ่งจะเคลื่อนตัวทีละจุดภาพอย่างต่อเนื่องไปตลอดทั้งภาพซึ่งมีลักษณะการประมวลผลคล้ายกับการประมวลผลในลักษณะการประมวลผลภาพแบบหลายจุดภาพ



ภาพที่ 19 ลักษณะตัวอย่าง Spatial Filter

4.4 การหาขอบภาพ(Edge detection)

การหาขอบภาพเป็นการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของระดับสีเทาแบบทันทีทันใด ซึ่งจะ
เป็นลักษณะของการเปลี่ยนจากระดับความเข้มแสงต่ำไปหาสูงหรือสูงไปหาต่ำก็ได้ โดยทั่วไปจะหา
จากค่าความชันระหว่างจุดภาพ และมักมีการเรียกโดยทั่วไปว่า ค่าเกรเดียนท์(Gradient) วิธีการ
พื้นฐานเป็นการหาขอบภาพทางโดเมนสเปเชียล ซึ่งแบ่งออกเป็นสองวิธีคือ การใช้เทมเพลตและ
การลบด้วยภาพต้นฉบับด้วยภาพที่ถูกทำให้เรียบ วิธีการของการใช้เทมเพลตนั้นจะมีลักษณะของเทม
เพลตที่ทำให้ค่ารวมของน้ำหนักถ่วงในแต่ละเทมเพลตจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังตัวอย่างในภาพที่ 20

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

1	-2	1
-2	8	-2
1	-2	1

ภาพที่ 20 ตัวอย่างเทมเพลตเกรเดียนท์ของลาปลาเซียน

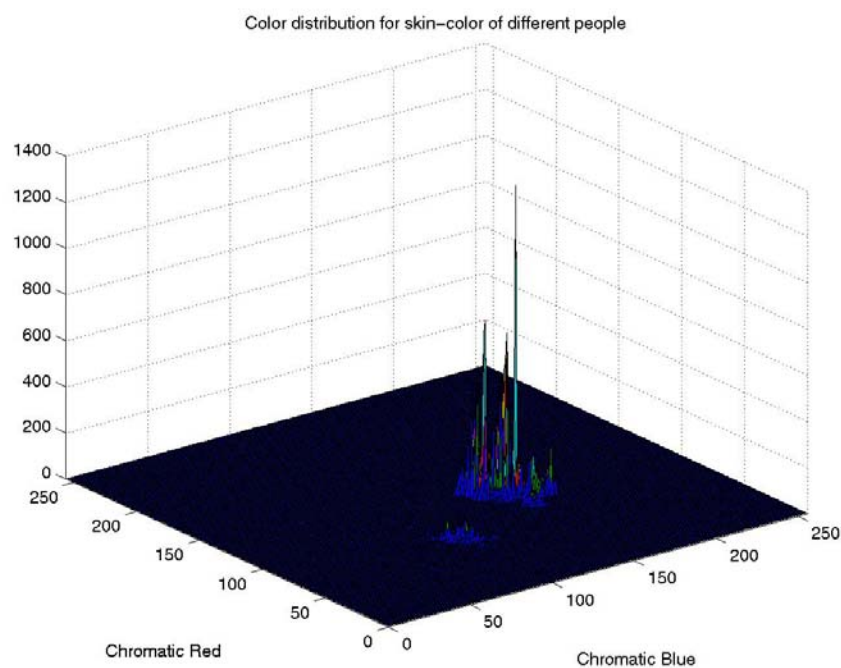
การตรวจจับขอบภาพโดยการลบภาพต้นฉบับด้วยภาพที่ถูกปรับเรียบ ซึ่งได้จากการพิจารณาภาพ
ออกเป็นพื้นที่เอกพันธ์หลายๆ พื้นที่ พื้นที่จะถูกแยกออกจากกันด้วยขอบภาพที่ล้อมรอบแต่ละพื้นที่
ถ้าวิเคราะห์ภาพระดับสีเทาในภาพจะพบว่า บริเวณที่ ที่มีค่าระดับสีเทาใกล้เคียงกันหรือเอกพันธ์จะ

ให้ความถี่อยู่ในแถบความถี่ต่ำ ส่วนขอบต่างๆ ภายในภาพที่มีการแบ่งพื้นที่นั้น จะเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาจากค่าหนึ่งไปยังอีกค่าหนึ่งมีค่าสูง ดังนั้นการตรวจจับขอบภาพจะทำการดึงข้อมูลภาพแถบความถี่สูงออกมานั่นเอง

5. ทฤษฎีและบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

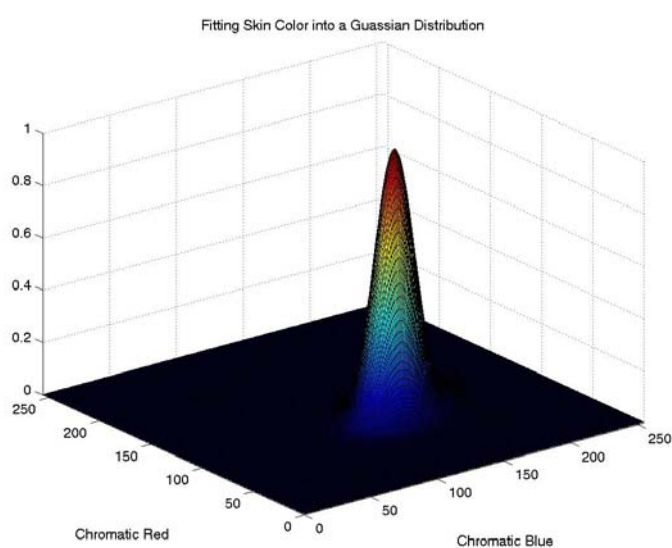
ลักษณะวิธีการตรวจจับลักษณะโดยใช้การรับภาพจากกล้องนั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการตรวจจับลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน ข้อดีของการใช้กล้องตรวจจับก็คือไม่มีส่วนที่ไปสัมผัสกับร่างกายของผู้ปฏิบัติงานอันจะก่อให้เกิดการรบกวนขณะทำงาน วิธีการตรวจจับอาการง่วงจากกล้องจะได้ภาพของผู้ปฏิบัติงาน แล้วนำภาพนั้นมาทำการประมวลผลด้วยวิธีการทางการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อให้ภาพนั้นอยู่ในลักษณะที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ และทำการวิเคราะห์หาผลลัพธ์จากภาพนั้น เนื่องจากว่าการรับภาพนั้นจะต้องเป็นภาพที่รับมาจากการปฏิบัติหน้าที่ในเวลาจริง การประมวลผลภาพจะต้องใช้ความรวดเร็วในการประมวลผลเพื่อให้ทันต่อเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลานั้นด้วย ซึ่งเรียกว่าขบวนการตามเวลาจริง (Real-Time System) ฉะนั้นจึงต้องให้ความสนใจขบวนการในการรับภาพ และขั้นตอนการประมวลผลภาพให้สอดคล้องกับเหตุการณ์มากที่สุด ดังนั้นขั้นตอนการรับภาพและการประมวลผลจะต้องใช้เวลาสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้ทันต่อเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากในการทำวิจัยนี้ให้ความสนใจในขั้นตอนการประมวลผลภาพจากสีผิวและดวงตา ฉะนั้นจึงให้ความสำคัญที่วิธีการตรวจหาคำแหน่งที่เป็นสีผิวบนใบหน้าและค้นหาตำแหน่งดวงตาจากบริเวณที่เป็นใบหน้า และติดตามการเคลื่อนไหวภาพพร้อมทั้งการจัดการประมวลผลที่รวดเร็ว จากภาพที่รับมาจากกล้องดิจิทัล เพื่อให้สอดคล้องกับช่วงเวลาในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภาพที่สามารถนำมาประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ได้อย่างแม่นยำ

ทฤษฎีพื้นฐานของการค้นหาตำแหน่งสีผิวจะได้จากการทดลอง โดยมีผลการทดลองจากการค้นหาสีผิวของผู้คนบนโลกตามรูปแบบสีผิว (Henry and Ulises, 2000) ดังภาพที่ 21



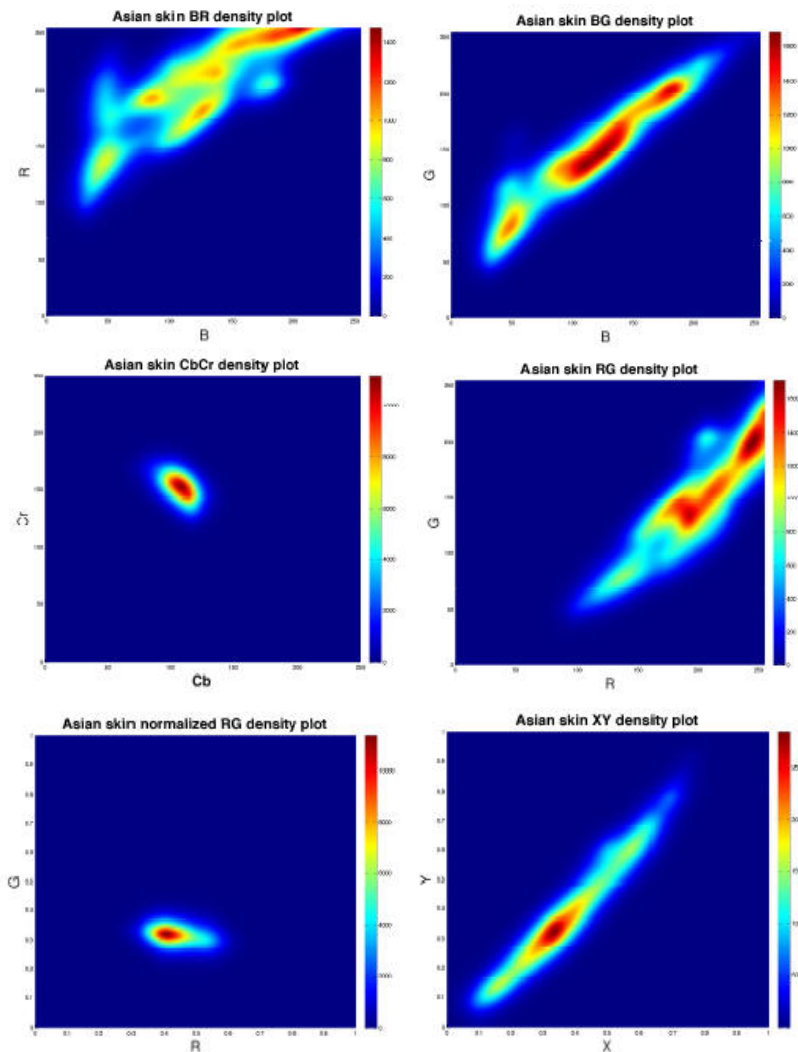
ภาพที่ 21 รูปแบบสีผิวของตัวอย่างบุคคลในค่าสีแดงและน้ำเงิน

และมีการแสดงค่าจากภาพที่ 21 ให้อยู่ในรูปแบบของการกระจายแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) ดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 รูปแบบสีผิวในลักษณะของ Gaussian Distribution ของสี RB

และมีผลลัพธ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองหาค่าของสีผิวคนในทวีปเอเชีย(Ahmed et al., 2009) โดยมีตัวอย่างภาพผลลัพธ์ตามภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ตัวอย่างการแสดงสีผิวคนในทวีปเอเชีย

เทคนิควิธีที่ใช้ในการติดตามรูปใบหน้าเพื่อค้นหาตำแหน่งดวงตา จึงเป็นขั้นตอนวิธีที่สำคัญ ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นวิธีการติดตามรูปใบหน้าแบบตามเวลาจริง (Spors and Rabenstein, 2001) ด้วยการจับภาพจากกล้องดิจิตอลซึ่งสัญญาณภาพที่จับได้จะเป็นภาพสี แล้วนำมาหาความแตกต่างสีผิวของใบหน้ากับพื้นผิวบนของภาพ (Foreground) เพื่อกำหนดขอบเขตของใบหน้าและทำการหาตำแหน่งของดวงตาที่ปรากฏอยู่บนใบหน้า การประมวลผลภาพนั้นจะเริ่มตั้งแต่การรับภาพเข้ามาจากกล้องแล้วทำการเก็บภาพเป็นลำดับ (Image sequence) โดยเก็บภาพที่เป็นพื้นผิวหลัง (Background) และ

ภาพจริงที่เกิดขึ้นเมื่อมีบุคคลเดินเข้ามา ซึ่งจะเป็นการหาความแตกต่างระหว่างจุดภาพ (Pixel) แต่ละจุดบนรูปภาพเมื่อเทียบกับภาพอ้างอิง ตามสมการที่ 30

$$e = \sqrt{(Y - Y_{ref})^2 + (Cr - Cr_{ref})^2 + (Cb - Cb_{ref})^2} \quad (30)$$

เมื่อ e เป็นค่าความแตกต่างของจุดภาพระหว่างพื้นผิวบนของภาพและพื้นผิวหลังของภาพ หลังจากนั้นจะทำการหาสีของผิวหน้าโดยทำการสร้างรูปแบบสีผิวหน้าจากกราฟแสดงค่าสถิติความถี่(Histogram) ของสี ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับรูปภาพ เพื่อแยกส่วนที่เป็นผิวหน้าและส่วนที่ไม่ใช่ผิวหน้า ซึ่งเป็นดังสมการที่ 31, 32

$$\hat{P}(CrCb|_{skin}) = \frac{c_s[CrCb]}{T_s}, \quad (31)$$

$$\hat{P}(CrCb|_{non-skin}) = \frac{c_n[CrCb]}{T_n} \quad (32)$$

เมื่อ $c_s[CrCb]$, $c_n[CrCb]$ เป็นจำนวนจุดภาพของคู่สี $CrCb$ ของสีผิวและไม่ใช่สีผิว และ T_s , T_n เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่เป็นสีผิวและไม่ใช่สีผิว การแยกว่าเป็นสีผิวจะต้องมีค่ามากกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้(θ) ตามสมการที่ 33

$$\hat{P}(CrCb|_{skin}) \geq \theta \quad (33)$$

การหาค่าสีผิวจะเป็นไปตามสมการที่ 34

$$\hat{P}(skin|CrCb) = \frac{\hat{P}(CrCb|skin)\hat{P}(skin)}{\hat{P}(CrCb|skin)\hat{P}(skin) + \hat{P}(CrCb|non-skin)\hat{P}(non-skin)} \quad (34)$$

เมื่อ $\hat{P}(skin)$, $\hat{P}(non-skin)$ เป็นค่าความน่าจะเป็นของสีผิวและไม่ใช่สีผิว

การกำหนดตำแหน่งของดวงตาที่ปรากฏอยู่บนใบหน้าจะใช้วิธีการ Principle component analysis (PCA)(Lindsay, 2002) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาลักษณะของดวงตาที่ปรากฏบนใบหน้าจากภาพที่นำมาเป็นฐานข้อมูลสำหรับเรียนรู้ของระบบ (Training image) โดยจะนำมาหาค่าตามสมการตามรูปแบบของ Karhunen-Loève transformation (KLT) (Anil K., 1989) การติดตามตำแหน่งของ

ดวงตาจะใช้วิธีการ Luminance-adapted block matching เพื่อเปรียบเทียบหาความคล้ายคลึงระหว่างรูปภาพที่รับเข้ามากับรูปภาพที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งเป็นการหาความแตกต่างแบบน้อยที่สุดตามสมการที่ 35

$$\eta_{y,x} = \frac{3}{4} \|p_{ref} - u_{y,x}\|^2 + \frac{1}{4} \|p_{tmp} - u_{y,x}\|^2 \quad (35)$$

เมื่อ $u_{y,x}$ เป็นส่วนขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ของรูปดวงตาที่รับเข้ามาในขณะนั้น p_{tmp} เป็นส่วนที่เป็นบริเวณของรูปดวงตาจากเฟรมรูปภาพ และ p_{ref} เป็นรูปแบบดวงตาอ้างอิงจากฐานข้อมูล ส่วนของการติดตามใบหน้าเป็นการใช้เทคนิคของการประมาณเพื่อหาดำแหน่งกึ่งกลาง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาจากการรับภาพและขนาดของภาพที่รับเข้ามา จึงได้มีการนำเสนอการแก้ไขด้วยวิธีการของ Kalman filter (Robert and Hwang., 1997)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium 1.9GHz Ram 512 MB
2. กล้องดิจิทัล แบบ WEBCAM ความละเอียด 1.3 M Pixel
3. โปรแกรม Microsoft Visual Basic.NET
4. โปรแกรม Microsoft Visual C++.NET
5. โปรแกรม Microsoft Visual C#.NET
6. โปรแกรม MATLAB

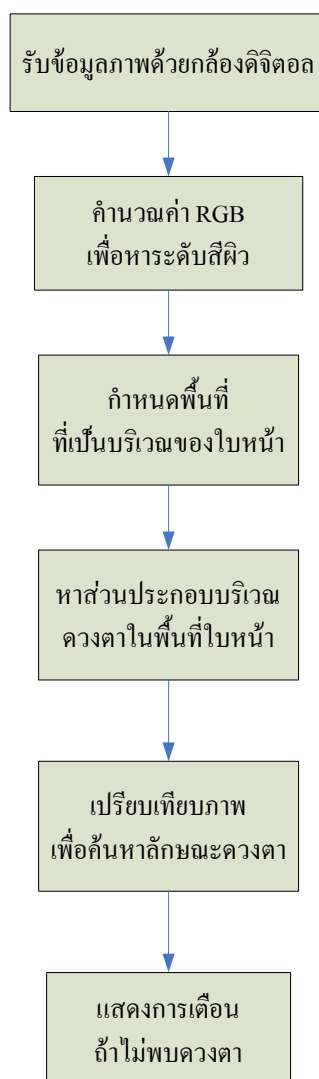
วิธีการ

1. ขั้นตอนการดำเนินการ

- 1.1 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลภาพและการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับภาพ
- 1.2 ศึกษาลักษณะข้อมูลภาพและคุณสมบัติของภาพ
- 1.3 ศึกษาวิธีการประมวลผลภาพตามเวลาจริงและการจัดการภาพข้อมูลภาพเคลื่อนไหว
- 1.4 ทำการออกแบบลักษณะการแสดงผลข้อมูลภาพ
- 1.5 เขียนโปรแกรมทดสอบและจัดการประมวลผลข้อมูลภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว
- 1.6 ออกแบบขั้นตอนการประมวลผลภาพนิ่งตามลักษณะการประมวลผลภาพพื้นฐาน
- 1.7 ศึกษาวิธีการที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้ได้ผลของการประมวลผลภาพที่มีความรวดเร็วและลดความซับซ้อนของขั้นตอนการประมวลผล
- 1.8 เขียนโปรแกรมแสดงการประมวลผลภาพเคลื่อนไหวร่วมกับวิธีการประมวลผลภาพนิ่งตามลักษณะการประมวลผลพื้นฐานและแก้ไขการทำงานของโปรแกรม
- 1.9 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมและเก็บรวบรวมผลจากการเขียนโปรแกรม

งานวิจัยระบบแจ้งเตือนอาการง่วงนอน เริ่มจากการหาข้อมูลว่าสิ่งใดที่จะทำให้เราได้ข้อมูลของการเกิดอาการง่วงนอนได้ ด้วยวิธีการเหล่านั้นสามารถทำได้หลายทาง เช่นการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลในเลือด การตรวจวัดปริมาณออกซิเจนจากการหายใจ การตรวจวัดจากสัญญาณคลื่นสมอง เป็นต้น ซึ่งจากวิธีการเหล่านี้จะต้องมีการใช้เครื่องมือตรวจวัดที่ต้องสัมผัสกับร่างกายของผู้ที่ถูกทดสอบ ถ้าหากเป็นการทดสอบในขณะที่ทำงานก็จะทำให้การปฏิบัติงานอยู่ในขณะนั้นทำได้ไม่ค่อยสะดวกนัก และเครื่องมือวัดก็มีความซับซ้อนมาก อีกวิธีการหนึ่งที่จะทำได้และไม่ต้องมีเครื่องมือวัดใดๆ ไปสัมผัสกับร่างกายก็คือการเฝ้าสังเกตอาการของผู้ถูกทดสอบ เช่น อาการการเคลื่อนไหวของร่างกาย การโยกศีรษะไปมา หรือสังเกตจากดวงตาที่มีการปิดเปลือกตาลงมากกว่าปกติและการกระพริบของเปลือกตาที่ช้าลงกว่าปกติหากเกิดอาการง่วง เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบและลดความซับซ้อนในการสร้างเครื่องมือวัด งานวิจัยระบบแจ้งเตือนอาการง่วงนอนจึงเลือกใช้วิธีการสังเกตอาการของผู้ถูกทดสอบที่ได้จากการจับภาพใบหน้าด้วยกล้องดิจิทัลขนาดความละเอียด 1.3 ล้านจุดภาพ หลังจากนั้นจะนำภาพที่ได้มาเข้าสู่ขั้นตอนของการประมวลผลภาพโดยจะทำการวิเคราะห์หาลักษณะส่วนประกอบต่างๆบนใบหน้าและทำการแยกแยะส่วนประกอบของใบหน้า เช่น บริเวณผิวหนัง บริเวณคิ้ว บริเวณดวงตา จมูก หรือปาก เป็นต้น และเลือกกระทำเฉพาะในจุดที่สนใจโดยในงานวิจัยนี้จะให้ความสนใจบริเวณที่เป็นดวงตา เพื่อนำมาหาอัตราการกระพริบของเปลือกตาแล้วพิจารณาว่าจะอยู่ในลักษณะที่กำลังจะก่อให้เกิดอาการง่วงหรือไม่ เพื่อจะได้ให้สัญญาณในการแจ้งเตือนต่อไป

ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลภาพในการประมวลผลเป็นหลัก โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการในการเก็บข้อมูลภาพจนกระทั่งถึงการประมวลผลในบริเวณที่ให้ความสำคัญตามขั้นตอนในภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ขั้นตอนการประมวลผลภาพในงานวิจัย

2. การเขียนโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลภาพ

2.1 การติดต่อกับอุปกรณ์รับภาพและการรับข้อมูลภาพ

ข้อมูลภาพในงานวิจัยนี้จะอาศัยวิธีการประมวลผลภาพไปที่ละภาพ โดยภาพที่ได้จะมีลักษณะของการประมวลผลเหมือนกับการประมวลผลบนภาพนิ่ง เรียงต่อเนื่องกันไปทีละภาพ การเก็บข้อมูลภาพนั้นจะใช้ภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลที่เป็น Web cam ซึ่งมีความเร็วในการเก็บภาพอย่างต่อเนื่องขนาด 30 ภาพต่อวินาที

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์รับภาพที่เป็นกล้องดิจิทัล Web cam จะต้องมีการกำหนดข้อมูลในโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมได้รับทราบว่าเมื่ออุปกรณ์รับภาพนั้นต่อร่วมอยู่โดยการติดต่อจะกระทำผ่านตัวขับเคลื่อนกล้องดิจิทัลหรือที่เรียกว่า ดีไวซ์ไดรเวอร์ (Device Driver) ส่วนของการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับโปรแกรมจะเป็นดังนี้

Inherits System.Windows.Forms.Form

```

Const WM_CAP As Short = &H400S
Const WM_CAP_DRIVER_CONNECT As Integer = WM_CAP + 10
Const WM_CAP_DRIVER_DISCONNECT As Integer = WM_CAP + 11
Const WM_CAP_EDIT_COPY As Integer = WM_CAP + 30
Public Const WM_CAP_GET_STATUS As Integer = WM_CAP + 54
Public Const WM_CAP_DLG_VIDEOFORMAT As Integer = WM_CAP + 41
Const WM_CAP_SET_PREVIEW As Integer = WM_CAP + 50
Const WM_CAP_SET_PREVIEWRATE As Integer = WM_CAP + 52
Const WM_CAP_SET_SCALE As Integer = WM_CAP + 53
Const WS_CHILD As Integer = &H40000000
Const WS_VISIBLE As Integer = &H10000000
Const SWP_NOMOVE As Short = &H2S
Const SWP_NOSIZE As Short = 1
Const SWP_NOZORDER As Short = &H4S
Const HWND_BOTTOM As Short = 1

Dim iDevice As Integer = 0           ' Current device ID
Dim hHwnd As Integer                 ' Handle to preview window

```

ส่วนของการติดต่อผ่านตัวขับเคลื่อนจะทำการกำหนดผ่านการประกาศฟังก์ชันในรูปแบบของการประกาศฟังก์ชันของโปรแกรมวิซวลเบสิก โดยมีลักษณะของการประกาศฟังก์ชันดังนี้

```

Declare Function SendMessage Lib "user32" Alias "SendMessageA" ( _
    ByVal hwnd As Integer, _
    ByVal wMsg As Integer, _
    ByVal wParam As Integer, _
    ByVal lParam As CAPSTATUS) As Boolean

```

```

Declare Function SendMessage Lib "user32" Alias "SendMessageA" ( _
    ByVal hwnd As Integer, _
    ByVal wMsg As Integer, _
    ByVal wParam As Integer, _
    ByVal lParam As Integer) As Boolean

```

```

Declare Function SetWindowPos Lib "user32" Alias "SetWindowPos" ( _
    ByVal hwnd As Integer, _
    ByVal hWndInsertAfter As Integer, _
    ByVal x As Integer, ByVal y As Integer, _
    ByVal cx As Integer, ByVal cy As Integer, _
    ByVal wFlags As Integer) As Integer

```

```

Declare Function DestroyWindow Lib "user32" (ByVal hwnd As Integer) As Boolean

```

```

Declare Function capCreateCaptureWindowA Lib "avicap32.dll" ( _

```

```

ByVal lpszWindowName As String, ByVal dwStyle As Integer, _
ByVal x As Integer, ByVal y As Integer, ByVal nWidth As Integer, _
ByVal nHeight As Short, ByVal hWndParent As Integer, _
ByVal nID As Integer) As Integer

Declare Function capGetDriverDescriptionA Lib "avicap32.dll" ( _
    ByVal wDriver As Short, _
    ByVal lpszName As String, _
    ByVal cbName As Integer, _
    ByVal lpszVer As String, _
    ByVal cbVer As Integer) As Boolean

```

หลังจากนั้นจะทำการติดต่อกับกล้องด้วยการใช้คำสั่งเพื่อดึงข้อมูลผ่านทางดีไวซ์ไดรเวอร์ของกล้อง โดยมีรูปแบบของการเขียนโปรแกรมดังนี้

```

Private Sub LoadDeviceList()
    Dim strName As String = Space(100)
    Dim strVer As String = Space(100)
    Dim bReturn As Boolean
    Dim x As Short = 0
    '
    ' Load name of all available devices into the lstDevices
    '
    Do
        '
        ' Get Driver name and version
        '
        bReturn = capGetDriverDescriptionA(x, strName, 100, _
strVer, 100)
        '
        ' If there was a device add device name to the list
        '
        If bReturn Then lstDevices.Items.Add(strName.Trim)
        x += CType(1, Short)
    Loop Until bReturn = False
End Sub

```

หลังจากที่ทำการดึงข้อมูลผ่านดีไวซ์ไดรเวอร์แล้วข้อมูลภาพจะถึงเก็บลงในหน่วยความจำของเครื่องเพื่อรอการประมวลผลในลำดับถัดไป

ภาพที่ได้จะเป็นภาพต่อเนื่องหรือภาพเคลื่อนไหว การติดต่อข้อมูลกับกล้องดิจิทัลจะเชื่อมต่อกล้องดิจิทัลผ่าน USB พอร์ต แล้วเชื่อมโยงข้อมูลผ่านโปรแกรมวิช่วลเบสิก จากนั้นจะต้องแยกออกเป็นภาพนิ่งทีละภาพซึ่งจะเรียกว่า เฟรม (Frame) ดังแสดงในภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ลักษณะข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่แยกออกเป็นเฟรมภาพ

จากนั้นจะนำข้อมูลภาพในแต่ละเฟรมไปทำการประมวลผล ในลักษณะเดียวกับการประมวลผลบนภาพนิ่ง การรับภาพบุคคลสามารถทำได้โดยจะเลือกตรวจจับภาพบริเวณใบหน้า ซึ่งเป็นจุดที่เราสนใจ และเพื่อให้ง่ายต่อการนำข้อมูลภาพไปแยกแยะรายละเอียด ข้อมูลบนใบหน้าในขั้นตอนของการดึงลักษณะเด่นที่ต้องการนำไปประมวลผลต่อไป

2.2 การแยกรายละเอียดของข้อมูลภาพ

หลังจากที่ได้ข้อมูลภาพจากกล้องดิจิทัลแล้ว ข้อมูลภาพที่ได้จะเป็นภาพสี ที่ประกอบด้วยสีแดง (Red : R) สีเขียว (Green : G) สีน้ำเงิน (Blue : B) ในแต่ละจุดภาพ ดังแสดงในภาพที่ 26 เมื่อได้ข้อมูลภาพแล้วจะนำข้อมูลภาพมาแยกข้อมูลจุดภาพเป็นส่วนๆ เฉพาะช่องของแต่ละสี เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประมวลผลข้อมูลภาพต่อไป

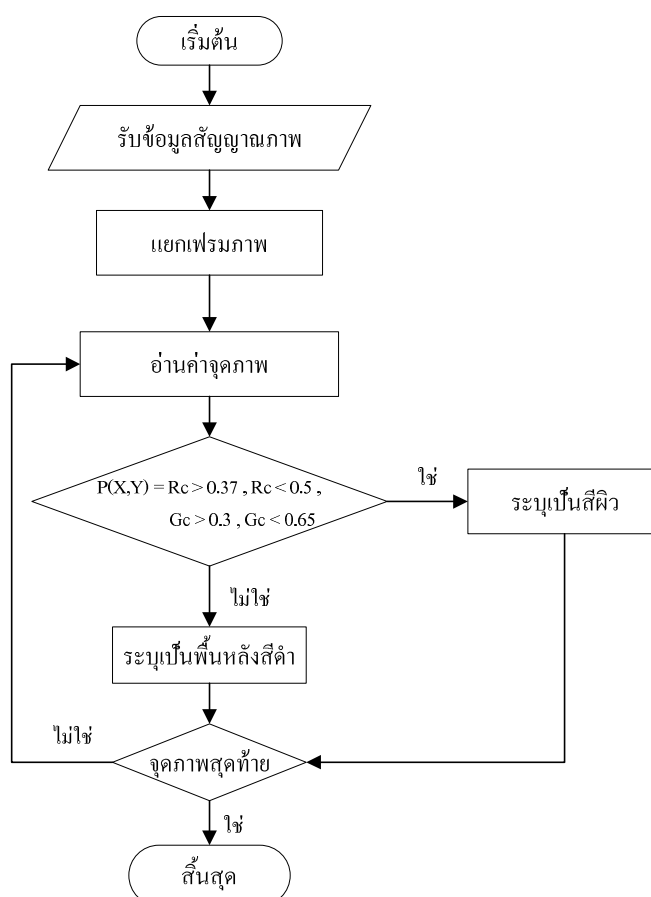


ภาพที่ 26 การแสดงการแยกข้อมูลภาพสี

3. การประมวลผลข้อมูลภาพ

3.1 การแยกพื้นหลังภาพออกจากบริเวณที่ให้ความสำคัญ

การแยกพื้นหลัง (Black ground) ออกเพื่อให้เหลือเฉพาะบริเวณที่สนใจ จะอาศัยการแยกด้วยสีที่ให้ความสำคัญ ในงานนี้จะให้สีผิวเป็นบริเวณที่เราสนใจ การหาค่าของสีผิวจะพิจารณาจากค่าสีของข้อมูลสี R G B ในแต่ละจุดภาพ การพิจารณาค่าของสีแต่ละสี จะพิจารณาอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 โดยจะใช้ค่าของสีแดง (R) อยู่ในช่วง 0.37 ถึง 0.50 ค่าของสีเขียว (G) อยู่ในช่วง 0.30 ถึง 0.65 ส่วนค่าของสีน้ำเงินจะไม่ถูกนำมาพิจารณา เนื่องจากค่าของสีผิวสำหรับกลุ่มบุคคลในโซนเอเชียเป็นคนผิวสีเหลืองทำให้มีส่วนประกอบของสีผิวที่เป็นสีน้ำเงินเจือปนอยู่น้อย หรืออาจจะประมาณได้ว่าไม่มีส่วนประกอบของค่าสีน้ำเงินเลยก็ได้ โดยมีขั้นตอนตามภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ขั้นตอนการแยกพื้นหลังและสีผิว

ในส่วนเงื่อนไขของโปรแกรมจะเป็นดังนี้

If $R_c > 0.37$ And $R_c < 0.5$ And $G_c > 0.3$ And $G_c < 0.65$ And $AllRGB > 230$ Then

: กรณีที่อยู่ในเงื่อนไขของการเป็นสีของผิว

Else

: กรณีที่ไม่ได้อยู่ในเงื่อนไขการเป็นสีผิว

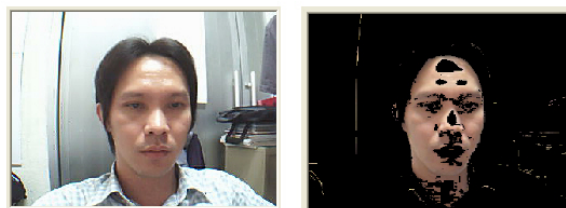
End if

จากขั้นตอนของโปรแกรมการตรวจสอบสีผิวตามเงื่อนไข สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ 36

$$I_{sk}(x, y) = \begin{cases} Skin & ; 0.37 > R_c > 0.5, 0.3 > G_c > 0.65 \\ 0 & ; \text{Black ground} \end{cases} \quad (36)$$

กำหนดให้ I_{sk} เป็นค่าจุดภาพในตำแหน่ง (x,y) ปัจจุบันที่ถูกตรวจสอบว่าเป็นสีผิว ถ้าไม่เป็นตามเงื่อนไข จะกำหนดให้เป็นสีดำซึ่งถูกกำหนดให้เป็นพื้นหลัง (Black ground) ส่วน AllRGB ที่แสดงไว้ในส่วนของโปรแกรมเป็นค่าผลรวมของระดับสีทั้งสามสี การใช้ค่ารวมนี้เนื่องมาจากการใช้โหมดสีของ RGB จะมีส่วนประกอบของความสว่างของแสงรวมอยู่ด้วย ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าถ้าหากค่าทั้งสามสีคือ RGB มีค่าสูงสุด ซึ่งในที่นี้จะให้ค่าของแต่ละสีมีขนาด 8 บิต ซึ่งจะได้ค่าความสว่างของแต่ละสีสูงสุดเป็น 255 ซึ่งถ้าหากรวมค่าทั้ง 3 สีเข้าด้วยกันจะได้เป็นสีขาว โดยทั่วไปแล้วสีผิวของบุคคลในโซนเอเชีย จะไม่มีค่าของระดับสีผิวที่ขาวจนถึงระดับสูงสุด ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าสูงสุดนั้นอยู่ที่ไม่เกินระดับ 230

ในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ส่วนที่เป็นสีผิวเฉพาะส่วนที่เป็นใบหน้า ส่วนที่เป็นพื้นด้านหลัง (Black ground) จะถูกกำหนดให้เป็นสีดำ เพื่อจะได้แยกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นใบหน้าซึ่งเป็นบริเวณที่ต้องการนำเข้าสู่กระบวนการต่อไปดังแสดงในภาพที่ 28



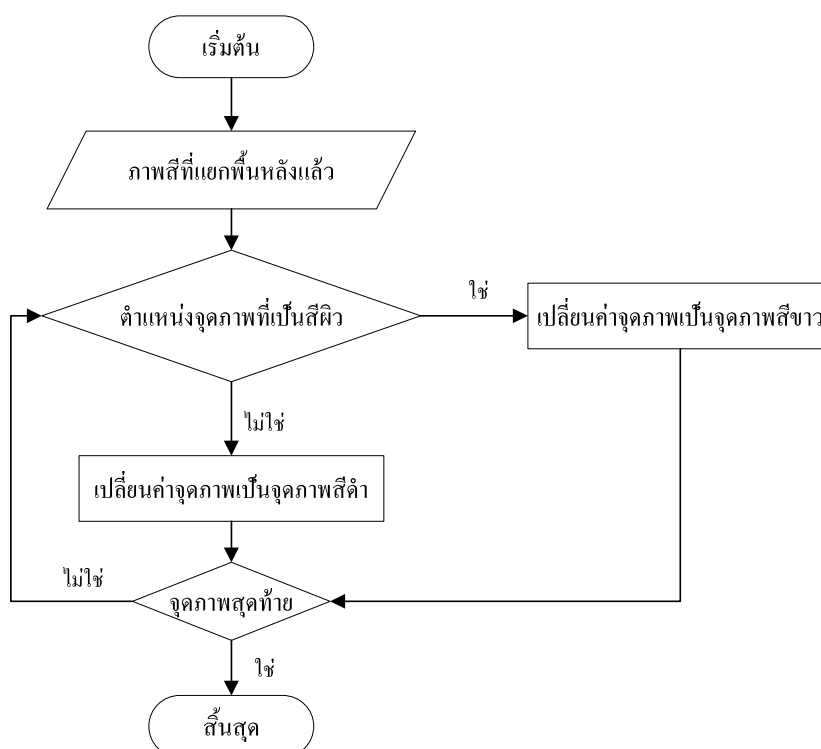
ภาพที่ 28 การแยกสีผิวส่วนของใบหน้า

3.2 การปรับภาพให้เป็นภาพขาวดำ

การปรับภาพให้เป็นภาพขาวดำในงานวิจัยนี้เพื่อที่จะให้มีการประมวลผลที่ง่ายขึ้น การเลือกบริเวณพื้นที่ที่ให้ความสนใจจะเลือกทำเฉพาะส่วนที่เป็นบริเวณใบหน้า โดยจะต้องทำการกำหนดให้ภาพเป็นภาพแบบขาวดำก่อนเข้าสู่การกำหนดขอบเขตในพื้นที่ที่ต้องการ จากภาพที่ 28 จะเห็นว่าภาพที่ได้ยังอยู่ในลักษณะของภาพสี การประมวลผลภาพยังต้องมีการใช้เพลนของสีทั้ง 3 สีมาใช้ในการประมวลผลซึ่งจะต้องใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าการประมวลผลแบบเพลนสีเดียว ดังนั้นจึงมีการพิจารณาใช้ภาพที่อยู่ในลักษณะของภาพแบบเพลนสีเดียวนั้นคือภาพที่มีลักษณะเป็นภาพไบนารี (Binary Image) ในที่นี้สามารถกำหนดให้ส่วนของสีผิวเป็นพื้นที่ของสีขาวได้ ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้เป็นภาพแบบขาวดำภาพพื้นหลังส่วนใหญ่จะเป็นสีดำและเป็นบริเวณที่ที่ไม่ได้ให้ความสนใจ จากภาพที่ 28 สามารถทำให้ภาพเป็นภาพแบบขาวดำได้ตามสมการที่ 37

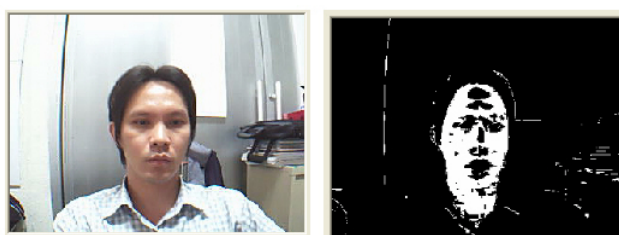
$$I_{BW}(x, y) = \begin{cases} 255 & ; \text{Skin} \\ 0 & ; \text{Black ground} \end{cases} \quad (37)$$

เมื่อ I_{BW} หมายถึงจุดภาพ (x,y) ปัจจุบันที่ถูกกำหนดให้เป็นสีผิวและพื้นหลัง การทำให้ภาพเป็นภาพขาวดำจะนำไปสู่กระบวนการ การกำหนดขอบเขตของภาพเพื่อให้จำกัดอยู่เฉพาะพื้นที่ที่ต้องการได้ง่ายขึ้น ขั้นตอนการทำให้ภาพเป็นภาพแบบขาวดำมีขั้นตอนตามภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ขั้นตอนการเปลี่ยนภาพสีผิวให้เป็นภาพขาวดำ

ผลของการปรับภาพให้มีลักษณะที่เป็นภาพขาวดำจะทำให้ง่ายต่อการแยกรายละเอียดส่วนประกอบต่างๆของใบหน้า ผลที่ได้จากการปรับภาพให้เป็นภาพขาวดำ แสดงในภาพที่ 30

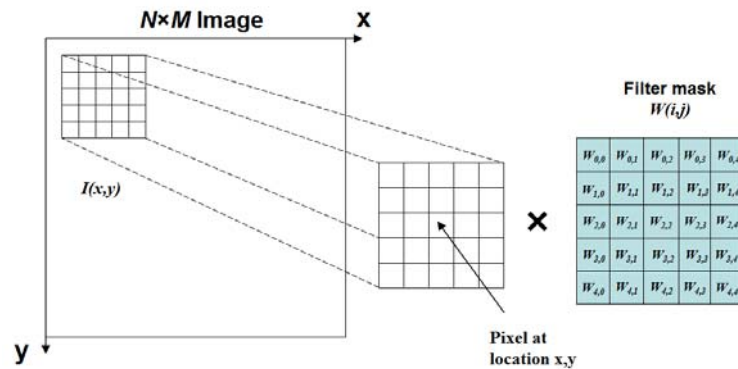


ภาพที่ 30 การปรับภาพสีผิวให้อยู่ในลักษณะของภาพขาวดำ

3.3 การกำหนดขอบเขตบริเวณที่ให้ความสนใจ

การกำหนดขอบเขตที่ให้ความสนใจ ในที่นี้จะให้ความสำคัญที่บริเวณใบหน้า ซึ่งหลังจากที่ได้ภาพเป็นภาพขาวดำตามขั้นตอนตามหัวข้อ 3.2 จะสังเกตได้ว่าบริเวณที่เป็นพื้นที่สีผิว ใบหน้าจะเป็นส่วนของสีขาวซึ่งเป็นกลุ่มที่มีขนาดการรวมกลุ่มที่สังเกตได้ชัดเจน ส่วนบริเวณรอบๆ

ใบหน้าจะมีส่วนที่เป็นสีขาวอยู่บ้างแต่จะเป็นกลุ่มเล็กๆ ในลักษณะดังกล่าวจะทำการกรองส่วนของสีขาวพื้นที่เล็กทิ้งไป ซึ่งเรียกกระบวนการลักษณะนี้ว่า การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise filter) วิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนในงานวิจัยนี้จะใช้การประมวลผลรอบจุดภาพ โดยนำจุดภาพที่อยู่บริเวณใกล้เคียงมาพิจารณา ซึ่งจะกระทำผ่านตารางกรองจุดภาพหรือเทมเพลต (Template) ขนาด 5x5 ซึ่งจะทำให้การสแกนไปทั้งภาพ ดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 เทมเพลต ขนาด 5 x 5

โดยสามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการได้ดังสมการที่ 38

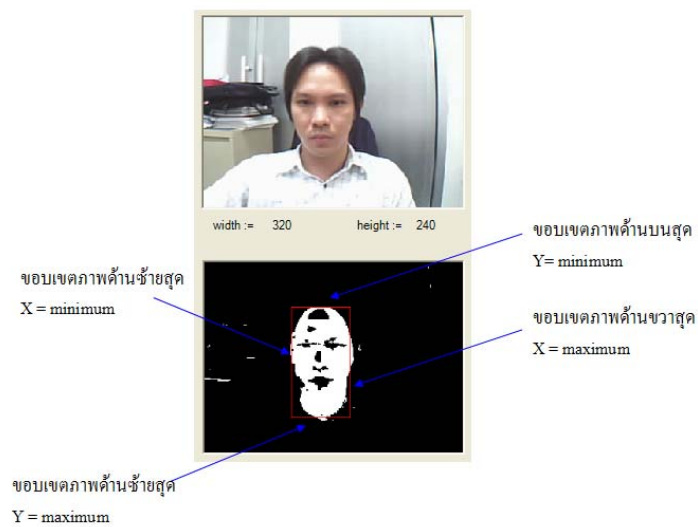
$$P(x, y) = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 W(i, j) I(x-2+i, y-2+j) \quad (38)$$

เมื่อ $P(x,y)$ เป็นจุดภาพที่ตำแหน่ง (x,y) ปัจจุบันที่ผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้ว

$I(x,y)$ เป็นสัญญาณภาพต้นฉบับ

$W(i,j)$ เป็นตารางเทมเพลตขนาด 5x5

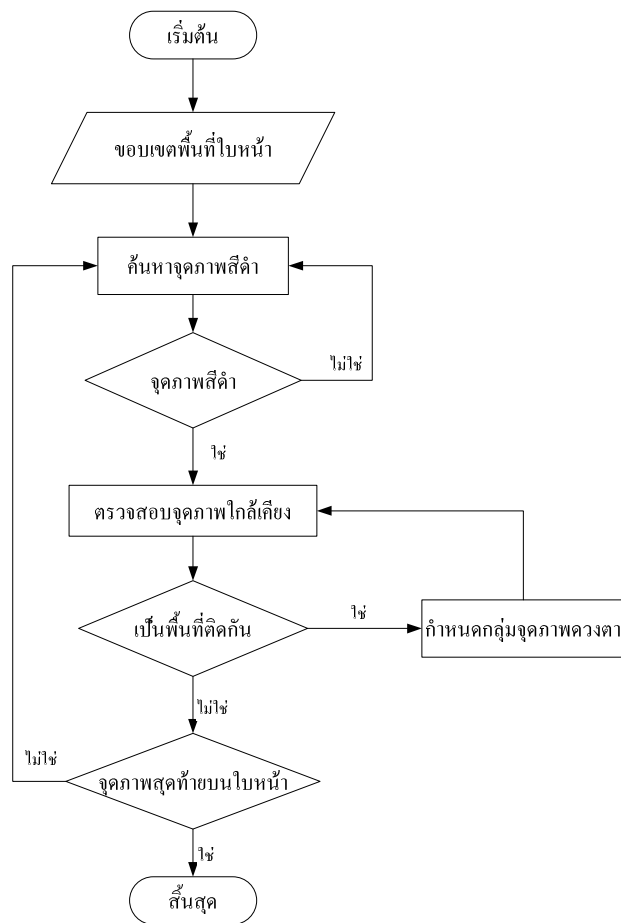
เมื่อผ่านการคำนวณในจุดภาพแล้วจะทำการเก็บตำแหน่งจุดภาพสีขาวที่ x และ y ต่ำสุด เพื่อใช้สำหรับกำหนดขอบเขตด้านบนสุดและขอบเขตด้านซ้ายสุดของพื้นที่บนใบหน้าตามลำดับ และการเก็บค่าจุดภาพสีขาวที่ x และ y สูงสุด เพื่อใช้สำหรับกำหนดขอบเขตด้านขวาสุด และขอบเขตด้านล่างสุดของพื้นที่บนใบหน้า ดังแสดงผลลัพธ์ที่ได้ดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 การกำหนดขอบเขตบนใบหน้า

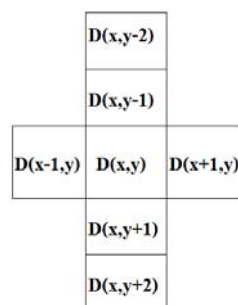
3.4 การค้นหาตำแหน่งดวงตา

หลังจากที่ได้ทำการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ใบหน้าแล้ว การค้นหาตำแหน่งดวงตาบนพื้นที่บนใบหน้าพบว่าจะปรากฏเป็นกลุ่มจุดภาพสีดำในบริเวณที่เป็นดวงตาโดยส่วนที่เป็นดวงตาจะมีลักษณะของจุดภาพที่มีความสว่างซึ่งเป็นส่วนของตาขาวและส่วนของจุดภาพสีเข้มซึ่งเป็นส่วนของตาดำปรากฏอยู่ ดังนั้นจึงได้ใช้ลักษณะของการค้นหากลุ่มจุดภาพสีดำที่มีพื้นที่ติดกันบนพื้นที่ของใบหน้า การค้นหาจะใช้การกวาดไปบนพื้นที่ตามแนวดิ่งโดยมีขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งจุดภาพสีดำตามภาพที่ 33



ภาพที่ 33 ขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งดวงตา

การค้นหาพื้นที่ที่เป็นกลุ่มจุดภาพของตำแหน่งดวงตา จะกระทำผ่านตัวกรองจุดภาพสีดำของตำแหน่งดวงตาและบริเวณจุดภาพใกล้เคียง ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบค่าสีจุดภาพเทียบกับตำแหน่งที่ค้นภาพสีดำนั้นด้วย ซึ่งตัวกรองจะมีลักษณะดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 ตัวกรองจุดภาพสีดำเพื่อใช้ระบุกลุ่มจุดภาพสีดำของดวงตา

จากภาพที่ 34 ในตำแหน่งของ $D(x-1,y)$ และตำแหน่ง $D(x+1,y)$ จะเป็นตำแหน่งที่ถูกกำหนดให้มีการตรวจสอบจุดภาพที่มีความสว่างที่ใกล้เคียงกับสีขาว เพื่อหาบริเวณตาขาวในแนวแกน x

3.5 การหาอัตราการกระพริบของดวงตา

การหาอัตราการกระพริบของดวงตา ใช้การตรวจสอบจากเฟรมภาพที่ไม่ปรากฏตำแหน่งของดวงตา ในกรณีที่เฟรมภาพถูกค้นหาคำแหน่งดวงตาแต่ไม่พบกลุ่มของจุดภาพสีดำที่จะใช้ในการระบุตำแหน่งดวงตาจะเกิดขึ้นได้ในขณะที่มีการกระพริบตา โดยเฟรมนั้นจะถูกเก็บเป็นค่าเริ่มต้น และเมื่อช่วงระยะเวลาผ่านไปมีการค้นพบว่าไม่มีเฟรมที่ค้นไม่พบตำแหน่งดวงตาอีกครั้งจะถูกนำมาคำนวณเพื่อหาอัตราการกระพริบตามสมการที่ 39

$$BR = \frac{60}{|TF_{N1} - TF_{N2}|} \quad (39)$$

เมื่อ BR เป็นอัตราการกระพริบตาคอนาที่

TF_{N1} เป็นเวลา (วินาที) ของเฟรมภาพเริ่มต้นที่ไม่ปรากฏตำแหน่งดวงตา

TF_{N2} เป็นเวลา (วินาที) ของเฟรมภาพถัดจากเฟรมภาพเริ่มต้นที่ไม่ปรากฏตำแหน่ง

ดวงตา

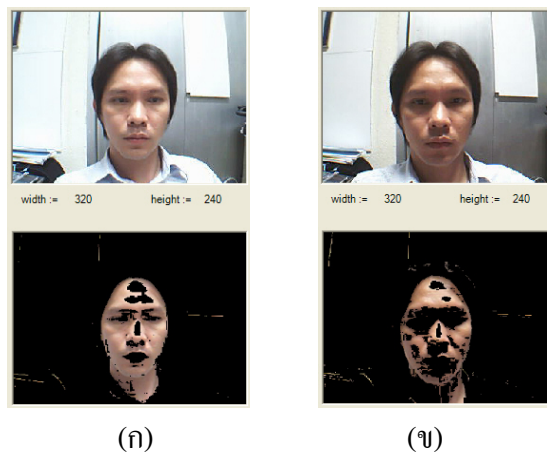
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง

1. การทดลองการค้นหาสีผิวและการแยกพื้นหลัง

จากการทดลองได้ทำการสร้างโปรแกรมให้มีความทำงานตามหลักการพื้นฐานของการดึงข้อมูลภาพและทำการประมวลผลภาพ โดยวิธีการแยกข้อมูลภาพสีแล้วนำไปเข้าสู่กระบวนการค้นหาสีผิว ซึ่งใช้หลักการตามข้อ 3.1

เมื่อกำหนดให้มีการใช้ค่า $0.37 < R_c < 0.50$ และ $0.30 < G_c < 0.65$ และ $RGB > 230$



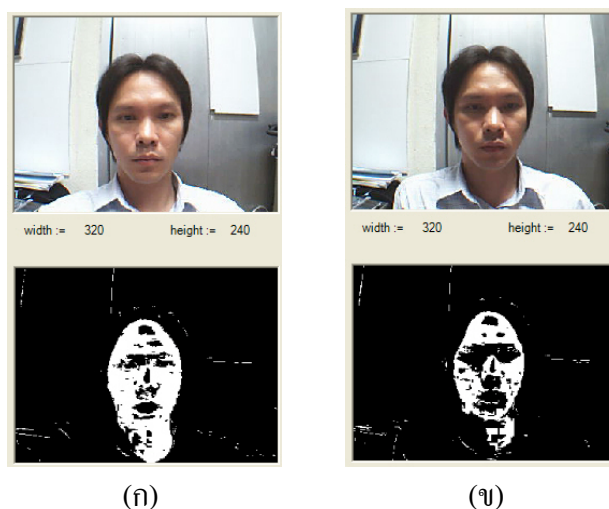
ภาพที่ 35 แสดงการแยกสีผิวกับพื้นหลัง

(ก) แสดงสภาพแสงรอบข้างปกติ

(ข) แสดงสภาพแสงรอบข้างน้อยลง

ภาพที่ 35 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงค่าของแสงจากภายนอกจะมีผลกระทบต่อรายละเอียดของภาพที่ได้ โดยภาพ 35 (ก) จะมีรายละเอียดที่ชัดเจนกว่า ภาพที่ 35 (ข) เนื่องจากมีแสงน้อยจะทำให้ภาพถูกตรวจจับบริเวณสีผิวได้ยากซึ่งเปรียบเสมือนภาพถูกสัญญาณรบกวนซึ่งจะยากต่อการแยกรายละเอียดบนใบหน้า

เมื่อกำหนดให้มีการใช้ค่า $0.37 < R_c < 0.50$ และ $0.30 < G_c < 0.65$ และ $RGB > 230$



(ก)

(ข)

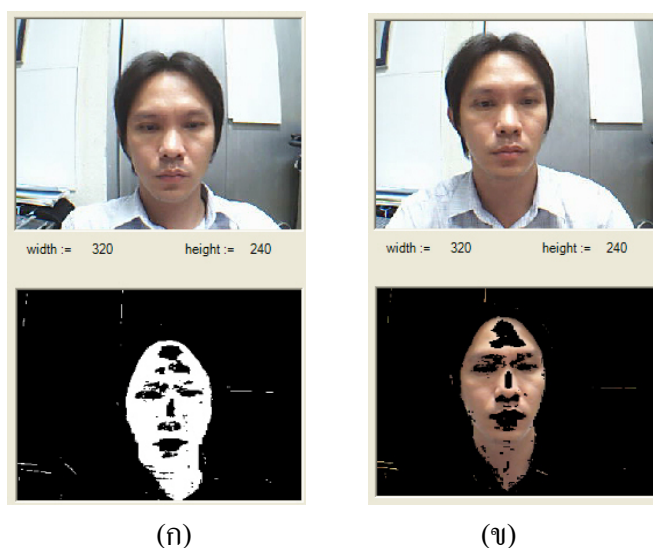
ภาพที่ 36 แสดงการแยกสีผิวให้เป็นภาพขาวดำเทียบกับพื้นหลัง

(ก) ภาพแสงรอบข้างอยู่ในสภาวะคงที่เมื่อเป็นภาพขาวดำ

(ข) ภาพแสงรอบข้างลดลงเมื่อเป็นภาพขาวดำ

ภาพที่ 36 เป็นการเปลี่ยนภาพให้เป็นภาพแบบขาวดำเพื่อที่จะทำการกำหนดขอบเขตของบริเวณสีผิวบนใบหน้า จะเห็นได้ว่าภาพที่ 36 (ก) ส่วนที่เป็นสีผิวหรือส่วนที่เป็นสีขาวจะมีการรวมกลุ่มของจุดภาพสีขาวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแสงรอบข้างมีปริมาณที่พอเหมาะสำหรับจับสีผิวบนใบหน้ามากกว่าภาพที่ 36(ข) ซึ่งมีการปรากฏของจุดภาพที่ถูกตรวจจับว่าไม่ใช่สีผิวบนบริเวณใบหน้ามากกว่า เนื่องจากแสงรอบข้างมีปริมาณน้อยเกินไป จากการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าแสงจากภายนอกจะมีผลกระทบต่อการตรวจจับสีผิวบนบริเวณใบหน้า ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการแยกรายละเอียดบนใบหน้า แนวทางในการปรับปรุงภาพเบื้องต้นนั้นสามารถทำได้โดยการปรับค่าเฉลี่ยของทั้งภาพ ซึ่งการทดลองนี้ใช้การปรับค่าคงที่ของสีทั้ง 3 สี ซึ่งเป็นระดับของความเข้มของสีจุดภาพสีผิว

เมื่อกำหนดให้มีการใช้ค่า $0.37 < R_c < 0.50$ และ $0.30 < G_c < 0.65$ และ $RGB > 250$



ภาพที่ 37 แสดงการแยกสีผิวกับพื้นหลังโดยเพิ่มค่าความสว่างภาพ

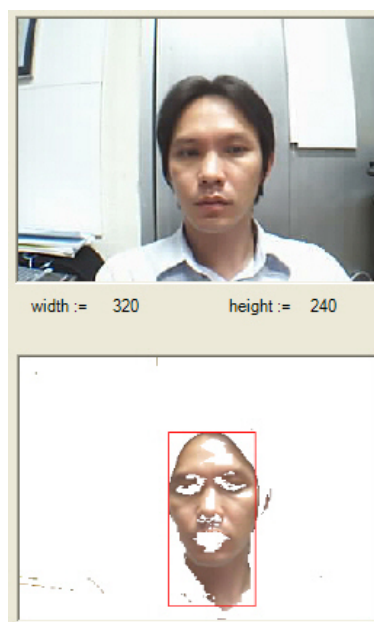
(ก) ภาพแสงรอบข้างอยู่ในสภาวะคงที่เมื่อเป็นภาพขาวดำ

(ข) ภาพแสงรอบข้างอยู่ในสภาวะคงที่เมื่อเป็นภาพสี

ภาพที่ 37 เป็นการปรับระดับความเข้มของสีจุดภาพทั้ง 3 สี ซึ่งจะมีผลต่อข้อมูลภาพโดยจะทำให้ภาพนั้นมีความชัดเจนของลักษณะใบหน้ามากขึ้น ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการนำไปสู่ขั้นตอนการในการแยกหารายละเอียดบนใบหน้า ในภาพที่ 37 (ก) นี้จะเห็นว่า บริเวณพื้นหลังจะมีปริมาณของการตรวจจับว่าเป็นสีผิวลดลง หรือมีความเป็นพื้นหลังที่มีการรบกวนของจุดภาพที่ถูกตรวจจับว่าเป็นสีผิวลดลงมาก เมื่อเทียบกับภาพที่ 36 (ก)

2. การทดลองการกำหนดขอบเขตสีผิวและระบุตำแหน่งดวงตา

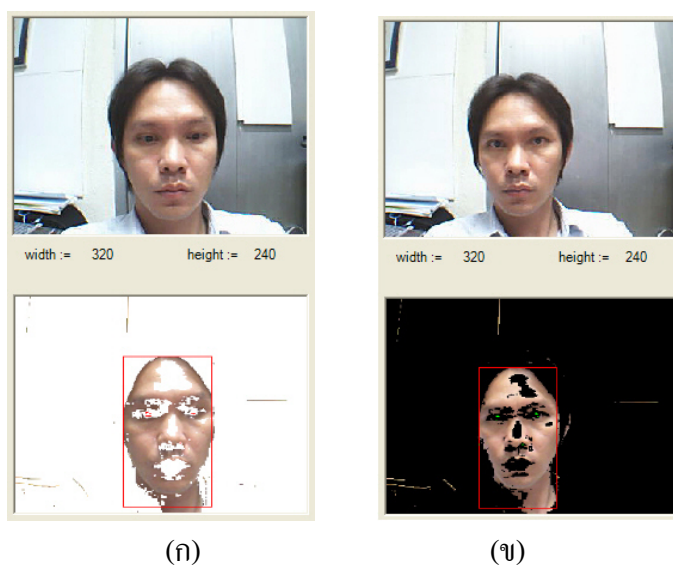
เมื่อกำหนดให้มีการใช้ค่า $0.37 < R_c < 0.50$ และ $0.30 < G_c < 0.65$ และ $RGB > 250$



ภาพที่ 38 แสดงการเลือกกำหนดเฉพาะบริเวณสีผิวโดยไม่สนใจพื้นหลัง

ภาพที่ 38 เป็นการแสดงให้เห็นถึงลักษณะของการกำหนดขอบเขต โดยทดลองให้พื้นหลังเป็นสีขาว เพื่อให้เห็นภาพการกำหนดขอบเขตของภาพได้ชัดเจนขึ้น การกำหนดขอบเขตของภาพจะเริ่มจากการกำหนดขอบเขตทางด้านบนของภาพโดยการหาค่าของ X_{min} โดยกวาดไปตามแนวแกน Y จากนั้นจะหาค่า Y_{min} กวาดไปตามแนวแกน X จะทำให้ได้ขอบเขตทางด้านซ้ายของภาพ ต่อไปจะทำการหาขอบเขตด้านขวาของภาพโดยหาค่า Y_{max} กวาดไปตามแนวแกน X เช่นเดียวกันกับการหาค่า Y_{min} ซึ่งการกวาดหาค่า Y_{min} และ Y_{max} จะกระทำการกวาดหาไปในคราวเดียวกัน ส่วนขอบเขตทางด้านล่างของภาพเป็นการหาค่า X_{max} โดยกวาดไปตามแนวแกน Y และกวาดหาไปในคราวเดียวกันกับการหาค่า X_{min} ขบวนการทั้งหมดจะกระทำผ่านขบวนการกวาดจุดภาพ โดยใช้เทมเพลตขนาด 5×5 ดังแสดงในภาพที่ 34 และการคำนวณในสมการที่ 38 ซึ่งก็จะได้การกำหนดขอบเขตของภาพบริเวณใบหน้าทั้งหมด

เมื่อกำหนดให้มีการใช้ค่า $0.37 < R_c < 0.50$ และ $0.30 < G_c < 0.65$ และ $RGB > 250$



ภาพที่ 39 แสดงการเลือกกำหนดเฉพาะบริเวณสีผิวและเลือกตำแหน่งที่เป็นดวงตา

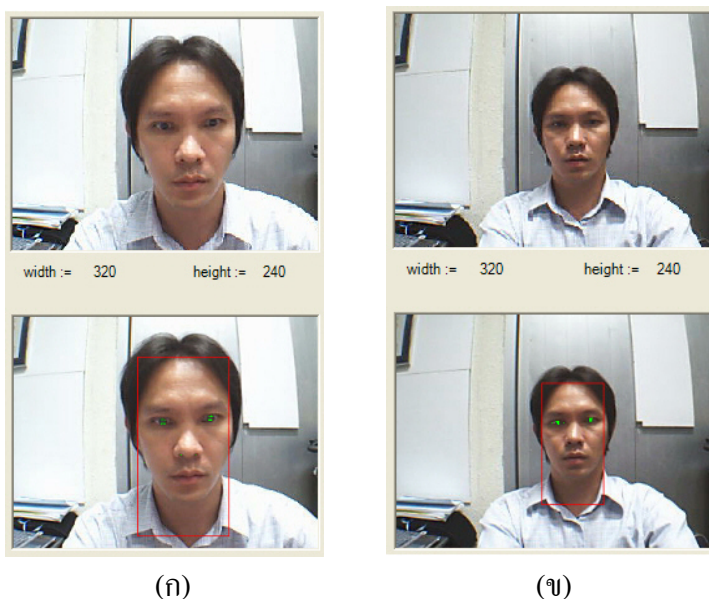
โดยการแยกพื้นหลังออกจากบริเวณที่สนใจ

(ก) เมื่อกำหนดให้พื้นหลังเป็นสีขาว

(ข) เมื่อกำหนดให้พื้นหลังเป็นสีดำ

ภาพที่ 39 เป็นการทดลองการเลือกบริเวณที่เป็นสีผิวซึ่งเป็นบริเวณที่เป็นใบหน้า ซึ่งในขั้นตอนถัดไปจะเป็นการแยกรายละเอียดบนใบหน้าและค้นหาตำแหน่งที่เป็นดวงตา โดยจะสังเกตได้ว่าบริเวณที่เป็นตำแหน่งของดวงตานี้จะเป็นจุดที่มีความเข้มของจุดภาพต่ำ หรือเป็นบริเวณที่มีกลุ่มจุดภาพที่เป็นสีดำปรากฏอยู่ ดังนั้นจะได้ใช้ลักษณะดังกล่าวในการกำหนดหาตำแหน่งของดวงตา จากภาพจะมองเห็นรายละเอียดของตำแหน่งดวงตาซึ่งได้จากขบวนการค้นหาโดยใช้เทมเพลตตามภาพที่ 34 กวาดไปตามแนวแกน X เฉพาะบริเวณที่เป็นขอบเขตของใบหน้า

เมื่อกำหนดให้มีการใช้ค่า $0.37 < R_c < 0.50$ และ $0.30 < G_c < 0.65$ และ $RGB > 250$



ภาพที่ 40 การเลือกบริเวณสีผิวและการค้นหาตำแหน่งดวงตาโดยการทดสอบระหว่างที่ต่างกัน

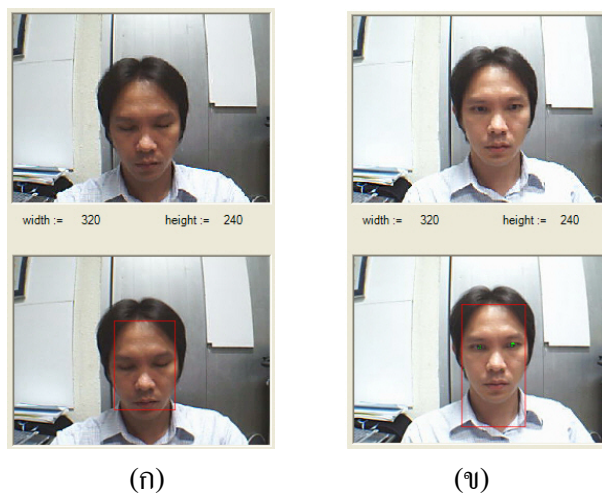
(ก) แสดงการค้นหาเมื่อภาพอยู่ในระยะใกล้

(ข) แสดงการค้นหาเมื่อภาพอยู่ในระยะไกล

ภาพที่ 40 เป็นการแสดงการค้นหาบริเวณที่เป็นใบหน้าและตำแหน่งของดวงตาโดยผ่านขั้นตอนการ ค้นหาจุดภาพสีผิวและทำการกำหนดขอบเขตสีผิว จากนั้นทำการค้นหาตำแหน่งดวงตา ภาพที่เป็นจะเป็นการค้นหาตำแหน่งของจากหลังภาพที่ไม่ใช่ตำแหน่งสีผิวให้กับพื้นหลัง ซึ่งจะมองเห็นเป็นเหมือนภาพปกติ ซึ่งมีการกระทำตามขั้นตอนการอยู่เฉพาะการกำหนดขอบเขตใบหน้าและค้นหาตำแหน่งดวงตาเท่านั้น ภาพที่ 40 (ก) เป็นการเคลื่อนที่ใบหน้าเข้ามาในระยะใกล้กับกล้อง ซึ่งจะเห็นว่าการกำหนดขอบเขตสีผิวและการค้นหาตำแหน่งดวงตานั้นยังสามารถทำได้ ส่วนภาพที่ 40 (ข) เป็นการเคลื่อนใบหน้าออกห่างจากกล้อง ซึ่งจะเห็นว่ายังคงมองเห็นรายละเอียดของสีผิวใบหน้าและตำแหน่งของดวงตาอยู่ซึ่งขั้นตอนการที่ใช้ในงานวิจัยนี้ยังคงให้ผลการทดลองที่ยังคงสามารถด้วยจับรายละเอียดต่างๆ ได้ในระยะห่างจากกล้องไม่เกิน 1 เมตร และในระยะใกล้ที่ 1 ฟุต

3. การทดลองการค้นหาดวงตาและการหาอัตราความถูกต้องของตรวจหาการกระพริบตา

เมื่อกำหนดให้มีการใช้ค่า $0.37 < R_c < 0.50$ และ $0.30 < G_c < 0.65$ และ $RGB > 250$



ภาพที่ 41 แสดงการค้นหาลำโพงและดวงตาที่สถานะแสงคงที่

(ก) แสดงการค้นหาดวงตาเมื่ออยู่ในสถานะหลับตา

(ข) แสดงการค้นหาลำโพงเมื่อภาพอยู่ในสถานะลืมตาปกติ

ภาพที่ 41 เป็นการทดลองการค้นหาลำโพงและตำแหน่งของดวงตา โดยกำหนดให้สถานะของแสงรอบข้างเป็นสถานะแสงปกติ ซึ่งในภาพที่ 41 (ก) จะเป็นการหลับตาซึ่งจะเห็นว่าการหลับตาจะทำให้ไม่ปรากฏลักษณะของดวงตาบนใบหน้า ซึ่งแสดงว่าในเฟรมภาพนั้นจะไม่สามารถตรวจจับตำแหน่งดวงตาได้ ทำให้มีการส่งสัญญาณเตือนดังขึ้น ส่วนในภาพที่ 41 (ข) เป็นการทดสอบโดยการลืมตาปกติ ซึ่งก็จะสามารถตรวจจับเพื่อค้นหาตำแหน่งดวงตาได้ และจะไม่มีมีการส่งสัญญาณเตือนการไม่พบตำแหน่งดวงตา

จากการทดลองในภาพที่ 41 (ก) ทำให้สามารถนำไปหาอัตราการกระพริบตา โดยการตรวจจับเฟรมภาพที่ไม่ปรากฏดวงตาในช่วงเวลา 1 วินาที ซึ่งอัตราการกระพริบตา โดยปกติของมนุษย์ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 15 ครั้งต่อนาที เท่ากับว่า ทุกๆ 4 วินาที จะมีการกระพริบตา 1 ครั้ง ซึ่งถ้าหากอยู่ในช่วงที่มีกิจกรรม อัตราการกระพริบตาเฉลี่ยอยู่ที่ 13 ถึง 17 ครั้งต่อนาที เช่นขณะที่พูดคุยอาจมีการจ้องมองบางสิ่งบางอย่างอัตราการกระพริบตาอาจ ช้าลงบ้าง

หรือในกรณีที่อยู่ในสภาวะที่ง่วงนอนจะทำให้การกระพริบตาช้าลง ถ้าหากอยู่ในสภาวะที่มีอาการ
ตกใจอัตราการกระพริบตาก็อาจจะเร็วขึ้น เป็นต้น

ในการตรวจจับการกระพริบของดวงตานี้จะมีความเร็วในการกระพริบตาโดยเฉลี่ยอยู่ที่
0.09 วินาที ดังนั้นถ้าหากใช้กล้องดิจิทัลที่มีความเร็วในการจับภาพที่ 30 ภาพต่อวินาที
จะทำให้ในแต่ละเฟรมภาพจะต้องใช้เวลาในการดำเนินการเก็บภาพอยู่ที่ประมาณ 0.03 วินาที
ดังนั้นหากต้องการเก็บภาพการกระพริบตา จะต้องใช้กล้องที่มีความเร็วในการเก็บภาพ
อย่างต่ำอยู่ที่ประมาณ 11 ภาพต่อวินาที จึงจะได้ภาพการกระพริบตาครบสมบูรณ์ทุกเฟรมภาพ หาก
ไม่เช่นนั้นจะทำให้สูญเสียเฟรมภาพบางภาพไป ซึ่งอาจทำให้การจับภาพไม่ทันต่อเหตุการณ์ที่
เปลี่ยนแปลงไป

ในการทดลองการหาอัตราการกระพริบตา ในงานวิจัยนี้จะใช้กล้องดิจิทัลแบบเว็บแคมที่มี
อัตราการจับภาพอยู่ที่ 30 ภาพต่อวินาที ขนาดภาพ 320x240 จุดภาพ ในห้องที่มีสภาพแสงคงที่ โดยมี
เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มขบวนการจนถึงสุดขบวนการประมวลผลภาพต่อเฟรม เป็น 13 เฟรมต่อวินาที โดย
การทดลองในภาพที่ 42 การทดลองหาการกระพริบตาตามลักษณะทั่วไปและทำการดึง
ตัวอย่างเฟรมภาพที่มีการตรวจจับภาพต่อเนื่องด้วยเวลา 1 นาที ต่อการทดสอบ 1 ครั้ง โดยภาพ
ด้านซ้ายจะลืมหาดปกติ ภาพด้านขวาจะเป็นช่วงที่กระพริบตา



ภาพที่ 42 การทดสอบการกระพริบตาตามช่วงเวลาต่างๆที่ 13 fps ระยะเวลา 1 นาที

ผลการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้งในสภาวะแสงคงที่ โดยจะกำหนดให้มีการกระพริบตาทุกๆ 4 วินาที มีจำนวนภาพที่ทำการแยกเฟรมภาพ 780 ภาพต่อนาที เมื่อทำการทดสอบเวลาทั้งหมด 10 นาที มีภาพที่แยกเฟรมทั้งหมด 7,800 ภาพ ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การหาความถูกต้องของการตรวจหาการกระพริบตา

ครั้งที่	ลำดับเวลาที่ตรวจหาดวงตา (วินาที)															จำนวนการ กระพริบตา
	1	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	
1			■			■						■				12
2					■					■						13
3																15
4				■										■		13
5																15
6							■									14
7																15
8																15
9			■													14
10								■								14

■ หมายถึง ตำแหน่งเวลาที่ไม่สามารถบอกลักษณะการกระพริบตาได้

จากตารางที่ 1 เมื่อทำการหาค่าความถูกต้องของการตรวจหาการกระพริบตาโดยสมการที่ 40

$$B_n = \frac{N_t}{N_{ne}} \times 100 \quad (40)$$

เมื่อ B_n เป็นอัตราความถูกต้องของการตรวจหาการกระพริบตานี้

N_t เป็นจำนวนครั้งของการทดสอบการกระพริบ

N_{ne} เป็นจำนวนครั้งรวมทั้งหมดที่ตรวจพบว่าการกระพริบตา

จากการทดลองพบว่ามีอัตราความถูกต้องของการตรวจหาการกระพริบตานี้ที่ 93.33 %

4. การทดลองหาอัตราความผิดพลาดการตรวจจับดวงตา

จากตารางการทดลองที่ 1 เป็นส่วนของการหาตำแหน่งที่เป็นการปิดของเปลือกตา จนไม่พบตำแหน่งของดวงตา ซึ่งในบางครั้งพบว่าในขณะที่หลับตา จะถูกตรวจจับว่าเป็นตำแหน่งของดวงตา เหมือนกับการลืมตาอยู่ แต่มีจำนวนของกลุ่มจุดภาพจำนวนน้อยกว่าจำนวนจุดภาพที่ถูกตรวจพบว่าเป็นตำแหน่งดวงตาซึ่งจะมีกลุ่มของจุดภาพที่อยู่ติดกันเป็นส่วนใหญ่กว่า และเป็นสาเหตุของความผิดพลาด ที่เกิดจากการตรวจจับการเป็นตำแหน่ง ของดวงตา ดังนั้นในการทดลองหาความผิดพลาดนี้ จะทำการค้นหาจำนวนการตรวจหาตำแหน่งดวงตาที่ผิดพลาดในกรณีที่ลืมตาปกติและหลับตา ซึ่งจะรวมไปถึงการกระพริบของเปลือกตาด้วย ดังแสดงในลักษณะการตรวจจับที่ผิดพลาดในภาพที่ 43



ภาพที่ 43 ความผิดพลาดของการตรวจจับตำแหน่งของดวงตา

จากภาพที่ 43 จุดที่มีการวงกลมด้วยสีน้ำเงินเป็นจุดสังเกต ของความผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจจับภาพ แถวบนสุดด้านซ้ายเป็นการตรวจพบว่ามีตำแหน่งจุดภาพดวงตาในขณะที่มีการหลับตา

แฉวนบนสุดตรงกลางเป็นการพบตำแหน่งอื่นๆที่ไม่ใช่ตำแหน่งของดวงตา แฉวนบนสุดด้านขวาเป็นการตรวจพบเป็นจุดภาพดวงตาในขณะที่กระพริบตา แฉวกลางด้านซ้ายเป็นการตรวจพบจุดภาพดวงตาทั้งสองข้างในขณะที่หลับตา แฉวกลางภาพตรงกลางเป็นการตรวจพบจุดภาพดวงตาเพียงกลุ่มเดียว แฉวกลางด้านขวาไม่สามารถตรวจพบดวงตาได้ในขณะที่ลืมตาอยู่ แฉวล่างสุดด้านซ้าย ตรงกลาง และด้านขวา ตรวจพบกลุ่มจุดภาพที่นอกเหนือจากกลุ่มภาพดวงตา ในตำแหน่งต่างๆ และเมื่อทำการทดลองการหาความผิดพลาดของการตรวจจับดวงตาจำนวน 10 ครั้ง ที่เฟรมภาพ 13 fps จำนวนภาพทดลอง 7,800 ภาพ พบว่าได้ค่าความผิดพลาดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การหาอัตราความผิดพลาดของการตรวจจับดวงตา

ครั้งที่	จำนวนภาพที่ผิดพลาดใน 1 นาทีของการตรวจจับภาพ(780 ภาพ)	% ผิดพลาด
1	143	18.33
2	117	15.00
3	65	8.33
4	117	15.00
5	65	8.33
6	91	11.67
7	65	8.33
8	65	8.33
9	91	11.67
10	91	11.67

จากการทดลองในตารางที่ 2 พบว่าอัตราความผิดพลาดรวม อยู่ที่ 11.67 % และมีอัตราความถูกต้องของการตรวจจับอยู่ที่ 88.33%

วิจารณ์

จากการทดลองพบว่าสถานะของแสงมีผลกระทบอย่างมากต่อรายละเอียดของภาพ โดยมีการทดสอบให้มีการเพิ่มและลดความเข้มแสง ในภาพที่ 35 และภาพที่ 36 จะเป็นการเพิ่มและลดค่าความสว่างของแสงจากสภาพแวดล้อมภายนอกเทียบกับค่าความสว่างแสงปกติ สังเกตได้จากภาพย่อย (ก) และ (ข) จะเห็นว่าภาพย่อย (ข) จะเกิดการรบกวนของภาพพื้นหลังในบริเวณที่เป็นสีผิวมากกว่าภาพย่อย (ก)

ในส่วนภาพที่ 37 จะเป็นการเพิ่มความสว่างของภาพ โดยการปรับแก้ค่าคงที่ความเข้มแสง ซึ่งสามารถทำได้จากการตั้งค่าในโปรแกรมและเป็นการปรับค่าคงที่ของสีทั้ง 3 จากเดิม 230 เป็น 250 ซึ่งจะทำให้ภาพมีความสว่างมากขึ้น จะเห็นได้ว่าการเกิดการรบกวน บริเวณสีผิวบนใบหน้าลดลง

ในภาพที่ 38 เป็นการกำหนดกรอบให้สนใจอยู่ในบริเวณที่เป็นสีผิวบนใบหน้าซึ่งในโปรแกรมจะมีขั้นตอนของการค้นหาสีผิวโดยใช้การกวาดภาพ (scan) ตลอดทั้งภาพเพื่อทำการแยกส่วนพื้นหลังออกจากบริเวณสีผิวที่เราต้องการและทำการตีกรอบไว้เฉพาะบริเวณที่สนใจเท่านั้น

ในภาพที่ 39 เป็นการค้นหารายละเอียดภายในบริเวณที่เราสนใจ ซึ่งจะหมายถึงรายละเอียดที่อยู่บนใบหน้า ในที่นี้เราให้ความสนใจที่การค้นหาตำแหน่งดวงตา จะพบว่า ลักษณะของดวงตาจะมีสภาพเป็นสีที่แตกต่างจากสภาพสีผิว คือมีค่าเป็นสีดำและมีสีค่อนข้างขาวรอบๆสีดำ จึงกำหนดให้จุดของดวงตามีจุดภาพที่ค้นพบเป็นสีแดงในภาพย่อย (ก) และ สีเขียวในภาพย่อย (ข) ทั้งสองภาพย่อยนั้นจะเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นในลักษณะของพื้นหลังที่ต่างกัน

ในภาพที่ 40 เป็นการเปรียบเทียบระยะของการค้นหาและส่วนของพื้นหลังจะไม่ถูกนำเข้ามาพิจารณา เนื่องจากกระบวนการก่อนหน้านี้ได้มีการกำหนดกรอบของบริเวณที่ให้ความสนใจไว้แล้ว โดยในภาพย่อย (ก) จะเป็นการทดสอบระยะใกล้และภาพย่อย (ข) จะเป็นการค้นหาในระยะที่ไกลออกไป พบว่าเมื่อสถานะแสงปกติการค้นหาสีผิวและดวงตายังสามารถทำได้แม้ภาพย่อย (ข) จะมีขนาดเล็กลง

ในภาพที่ 41 เป็นผลการทดลองที่ทำการค้นหาสีผิวและตำแหน่งดวงตา ในรูปย่อย (ก) จะเห็นว่าในสถานะที่หลังตานี้จะทำให้ดวงตาไม่มีค่าลักษณะที่เป็นสีดำและขาว จึงทำให้ภาพที่ได้

ไม่ได้ถูกกำหนดว่าเป็นส่วนของดวงตาหรืออยู่ในสภาพที่หลับตานั่นเอง ส่วนภาพย่อย (ข) เป็นลักษณะปกติเมื่อมีการลืมตาจะปรากฏการค้นพบตำแหน่งดวงตาโดยกำหนดให้เป็นสีเขียว

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การประมวลผลภาพโดยวิธีการคำนวณจากเทคนิคพื้นฐาน โดยการแปลงข้อมูลภาพสีให้อยู่ในแบบการหาค่าความเข้มแสงหรือภาพระดับสีเทาจะทำให้การประมวลผลภาพในขบวนการขั้นต่อไปสามารถทำได้เร็วขึ้น และเป็นขั้นตอนที่มีการประมวลผลไม่ซับซ้อน ซึ่งเป็นการเตรียมข้อมูลภาพก่อนที่จะนำไปประมวลผลภาพหรือที่เรียกว่า Preprocessing ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์จากการประมวลผลภาพดีขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ขบวนการแปลงภาพสีให้อยู่ในระดับภาพสีเทา และแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพขาวดำ และใช้การกรอง (Filter) ข้อมูลภาพด้วยเทมเพลตขนาด 5×5 เพื่อใช้สำหรับกำหนดขอบเขตบริเวณใบหน้า ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองพบว่าภาพใบหน้าสามารถถูกกำหนดขอบเขตได้อย่างถูกต้อง และใช้ขั้นตอนการค้นหากลุ่มจุดภาพสีดำบนพื้นที่สีผิวบนใบหน้าด้วยเทมเพลตตามภาพที่ 34 ในการค้นหาตำแหน่งดวงตา เพื่อหาอัตราการกระพริบตา การทดลองได้ใช้กล้องดิจิทัลแบบเว็บแคมที่มีการจับเฟรมภาพ 30 fps ขนาดภาพ 320×240 จุดภาพ ในห้องที่มีสภาพแสงคงที่ ผลปรากฏว่าได้ความถูกต้องของการค้นหาตำแหน่งที่เป็นดวงตาที่ 88.33% และเมื่อนำมาหาอัตราการกระพริบตาพบว่าได้ความถูกต้องในการตรวจจับการกระพริบตาอยู่ที่ 93.33 %

ความผิดพลาดของการตรวจจับสีผิวบนใบหน้า เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแสงจากภายนอก ดังนั้นในการทดลองจึงได้ใช้การทดสอบในห้องที่มีสภาพแสงคงที่เพื่อให้มีระดับของภาพสีที่ตรวจจับได้จากกล้องมีความนิ่งของค่าสี และข้อผิดพลาดอีกประการหนึ่งที่พบคือ การเคลื่อนไหวของตำแหน่งภาพที่ตรวจจับ เช่น การขยับของใบหน้าด้วยความรวดเร็วจะทำให้การจับภาพไม่มีความคมชัด ซึ่งมีผลต่อการประมวลผลภาพทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น การกระพริบของเปลือกตาที่เร็วกว่าปกติก็จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้เช่นเดียวกัน ตำแหน่งของการตรวจจับใบหน้าที่มีรายละเอียดเพื่อการตรวจจับตำแหน่งดวงตาที่ใช้ในการทดลองจะอยู่ที่การหันหน้าไปทางด้านซ้ายและขวา ไม่เกิน 45 องศา การก้มหน้าและเงยหน้าจะต้องไม่เกิน 30 องศา จึงจะให้ความแม่นยำมากที่สุด

การเพิ่มขั้นตอนของการประมวลผลภาพ ซึ่งถ้าหากเป็นกรณีของภาพที่จะต้องทำงานตามเวลาจริง (real time) จะต้องมีการคำนึงถึงขั้นตอนที่เพิ่มขึ้น หากไม่เช่นนั้นจะทำให้การประมวลผล

การทำงานตามเวลาจริงช้าลงและไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ส่วนของการตรวจหาสีผิวเพื่อแยกเฉพาะบริเวณที่สนใจในบริเวณใบหน้าจะใช้วิธีการตั้งค่าระดับสีผิวเทียบกับค่าคงที่หรือที่เรียกว่า เธรสโฮลด์ (Threshold) ซึ่งจะทำให้มีการประมวลผลที่เร็วขึ้นกว่าวิธีการหาค่าทางสถิติหรือ PCA (Principle Component Analysis) ซึ่งใช้เวลาการคำนวณมากกว่า จากการศึกษาเทคนิคพื้นฐาน และขั้นตอนของการประมวลผลภาพของโปรแกรม ตลอดจนการจัดลำดับขั้นตอนของโปรแกรมในงานวิจัยนี้ จะต้องเลือกวิธีการที่ลดความซับซ้อนในการประมวลผลลงให้มากที่สุด เพื่อให้ได้เฟรมภาพในการประมวลผลให้ได้มากที่สุดซึ่งจะทำให้ความแม่นยำในการตรวจจับภาพมากขึ้นตามไปด้วย การมีขบวนการที่น้อยลงจะต้องมีการรักษารายละเอียดของภาพเอาไว้ด้วย ในงานวิจัยนี้เห็นว่าหลักการค้นหาเฟรมภาพที่ไม่พบดวงตาตามช่วงเวลา เพื่อหาอัตราการกระพริบของดวงตา โดยใช้เทมเพลตแมปปิง (Template mapping) ในการประมวลผลบนจุดภาพ การใช้ขบวนการตรวจจับแบบเปรียบเทียบรูปภาพจะมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีการคำนวณแบบคอนทัวร์ซึ่งเป็นวิธีที่มีการคำนวณที่ซับซ้อนมากกว่า ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของโปรแกรมในการประมวลผลภาพในภาพแบบต่อเนื่องตามเวลาจริงเป็นอย่างมาก จากการทดลองผลพบว่า หากไม่มีการประมวลผลภาพเลขภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลสามารถเก็บภาพได้ที่ 30 ภาพต่อวินาที เมื่อผ่านกระบวนการของการประมวลผลแล้ว ถ้าหากมีการเพิ่มขั้นตอนเข้าไปมากๆ หรือมีการคำนวณที่ซับซ้อน จะทำให้สูญเสียเฟรมภาพบางเฟรมไป ซึ่งถ้าหากการประมวลผลน้อยกว่า 11 เฟรมต่อวินาที ซึ่งจะทำให้สูญเสียความแม่นยำในการตรวจจับข้อมูลภาพ แต่จะได้ผลลัพธ์ของการประมวลผลที่ดีในขณะที่ได้จำนวนเฟรมภาพของการประมวลผลน้อยลง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองวิจัยนี้พบว่าข้อผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจจับใบหน้าและดวงตา เกิดจากสภาพของแสงที่มีการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนไหวของศีรษะที่รวดเร็วและความเร็วในการกระพริบตา จะทำให้เฟรมที่ตรวจจับได้ไม่มีความคมและความชัดเจน ตลอดจนการหันหน้าในมุมที่ไม่สามารถตรวจจับดวงตาได้ เช่น ถ้าหันทางด้านซ้าย หรือขวามากกว่า 45 องศา หรือการก้มหน้าและเงยหน้าเกิน 30 องศา ระยะการตรวจจับที่มีระยะเกินกว่า 50 เซนติเมตร จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ และถ้าหากมีการเพิ่มขั้นตอนหรือมีการคำนวณที่ซับซ้อนเกินไปจะทำให้ผลลัพธ์จากภาพที่ได้ช้าเกินไป ซึ่งจะไม่ทันต่อเหตุการณ์จริง ดังนั้น แนวทางแก้ไขคือ

1. การตรวจจับภาพเป็นการทำ Normalization บนภาพสี RGB ซึ่งมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าจากแสงรอบข้าง ดังนั้นจึงควรมีการเปลี่ยนโหมดสี RGB ไปเป็นโหมดอื่น เช่น HIS หรือ YIQ เป็นต้น เนื่องจากโหมดสีดังกล่าวจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าต่อแสงรอบข้างที่ตรวจจับได้น้อยลง
2. การเพิ่มขบวนการประมวลผลภาพ จะต้องเลือกวิธีการที่มีความซับซ้อนให้น้อยที่สุดโดยยังคงรักษาระดับคุณภาพของผลลัพธ์ไว้เป็นที่น่าสนใจหรือไม่สูญเสียรายละเอียดข้อมูลภาพที่สำคัญไป เพื่อการตรวจจับภาพได้แม่นยำและรวดเร็ว
3. หากมีการพัฒนาการประมวลผลภาพด้วยการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ อาจช่วยลดขั้นตอนการประมวลผลภาพได้ เช่น การตรวจจับด้วยการใช้วงจรสร้างแสงสว่างชนิดอินฟราเรด เพื่อตรวจจับในบริเวณที่แสงอินฟราเรดตกกระทบบนดวงตาจะทำให้ภาพที่ตรวจจับได้มีความเด่นชัด ซึ่งสามารถนำไปแยกแยะรายละเอียดในตำแหน่งที่ต้องการได้ง่ายขึ้น และไม่ต้องเขียนโปรแกรมที่มีการประมวลผลภาพที่ซับซ้อน
4. การพัฒนาโปรแกรมด้วยขั้นตอนตามข้อเสนอแนะข้อ 3 จะลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมลงได้ ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบให้แม่นยำขึ้นได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ลัทธิโชค ยอดระยับ, 2550. การเขียนโปรแกรม **Digital Image Processing** ด้วย **Visual Basic**
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

ฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์, 2551. การประมวลผลภาพเชิงดิจิทัล ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
แผนกผลิตตำราและสื่อการสอนคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

Ahmed Elgammal, Crystal Muang and Dunxu Hu. 2009. **Skin Detection - a Short Tutorial**
Department of Computer Science, Rutgers University, Piscataway, NJ, 08902, USA

Anil K. Jain, 1989. **Fundamental of digital image processing**, Prentice-Hall.

A. M. Bagci, R. Ansari, A. Khokhar, E. Cetin. 2004. Eye Tracking Using Markov Models.
IEEE Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition
(ICPR'04).

Ashish Kapoor and Rosalind W.Picard. **Real-Time, Fully Automatic Upper Facial Feature**
Tracking. Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Automatic
Face and Gesture Recognition (FGR'02).

Bryan Jennett. 2004. **electroencephalogram**. Answers.com. Available Source:
<http://www.answers.com/topic/electroencephalogram>

Henry Chang and Ulises Robles. May 25, 2000. **Skin color Model**. Face Detection.
<http://www-cs-students.stanford.edu/~robles/ee368/skincolor.htm>: Feb. 25, 2009

Jian Wan,XuePing Ren,Guanghuan Hu. 2004. Automatic Red-Eyes Detection Based on AMM.
IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics.

Lindsay I Smith, 26 Feb. 2002 **A tutorial on Principal Components Analysis**. Student Tutorials.
www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf : Feb. 25, 2008

Mohamed Rizon and Tsuyoshi Kawaguchi. 2000. **AUTOMATIC EYE DETECTION USING INTENSITY AND EDGE INFORMATION**. 2000 IEEE

R.Michael Hord. **Digital Image Processing of Remotely Sensed Data**, Academic Press, New York, 1982

Robert Grover Brown and Patrick T.C. Hwang, 1997. **Introduction to random signals and applied Kalman filtering**, John Wiley & Sons.

Saad A. Sirohey , Azriel Rosenfeld. 2000. Eye detection in a face image using linear and nonlinear filters. **ScienceDirect. Elsevier Science B.V. Ltd.** Pattern Recognition Volume 34, Issue 7, 2001, Pages 1367-1391.

Sascha Spors and Rudolf Rabenstein. 2001. A REAL-TIME FACE TRACKER FOR COLOR VIDEO. **IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech & Signal Processing (ICASSP)**, Utah, USA, May

Sergey Ioffe. 2003. RED EYE DETECTION WITH MACHINE LEARNING. **IEEE Fujifilm Software(California)** 1740 Technology Dr., Suite 490, San Jose, CA 95110

Stephen J. Chapman., 2002. **MATLAB Programming for Engineers** Second Edition, Brooks/cole Thomson Learning

T.D'Orazio, M.Leo, G.Cicirelli, A. Distanti. 2004. An Algorithm for real time eye detection in face images. **IEEE. Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'04)**.

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นาย อาคม ม่วงเขาแดง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	4 กรกฎาคม 2514
สถานที่เกิด	อ.เมือง จ.นครนายก
ประวัติการศึกษา	อส.บ.(ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-