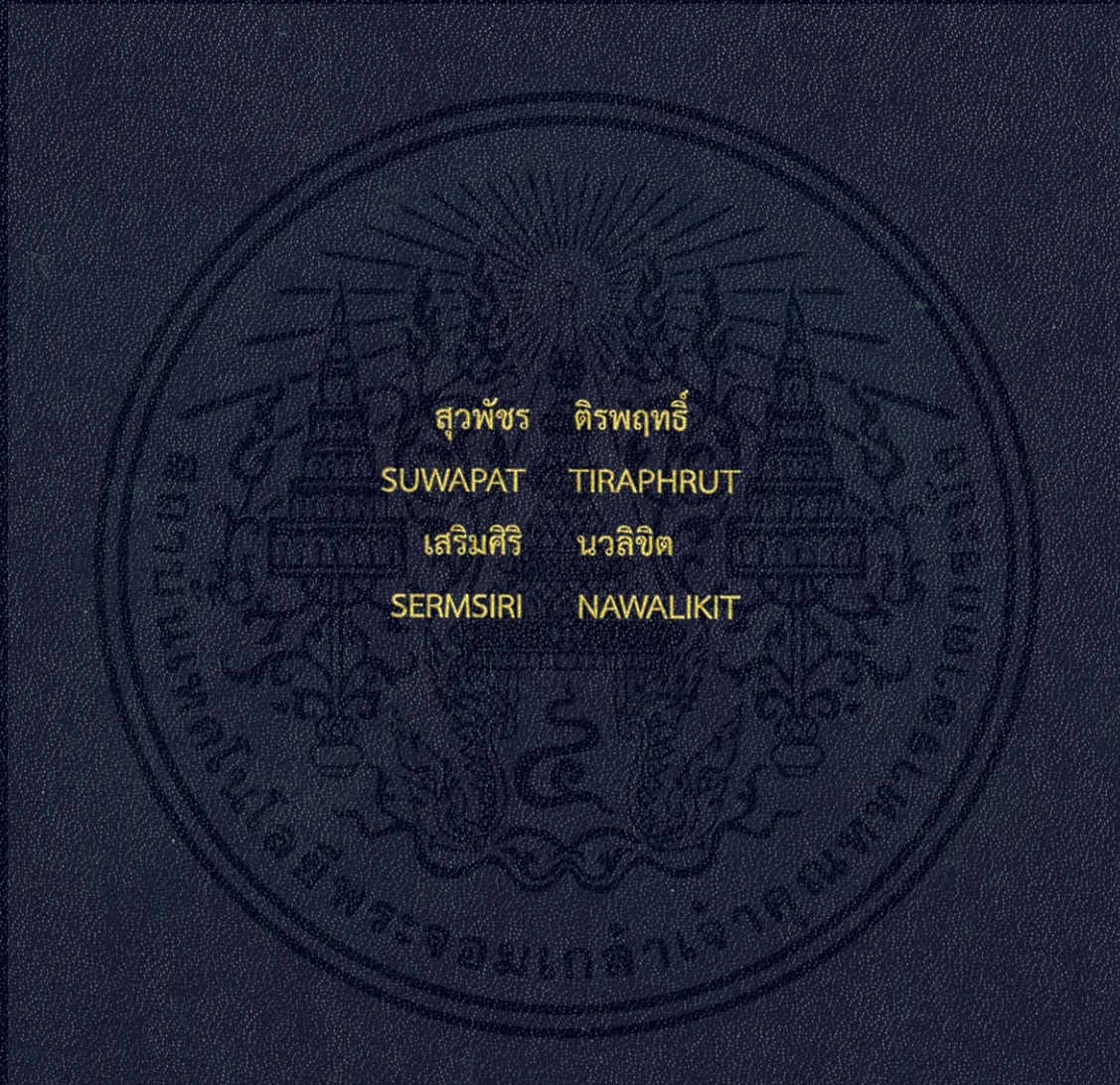


การระบุตัวตนโดยใช้เส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ

IDENTIFICATION BY HAND-DORSAL VEIN



สุวพัชร ตีรพฤทธิ

SUWAPAT TIRAPHRUT

เสริมศิริ นวลลิขิต

SERMSIRI NAWALIKIT

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2557

การระบุตัวตนโดยใช้เส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ

IDENTIFICATION BY HAND-DORSAL VEIN



สุวพัชร

SUWAPAT

เสริมศิริ

SERMSIRI

ตริพฤทธิ

TIRAPHRUT

นาวลิจิต

NAWALIKIT

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IDENTIFICATION BY HAND-DORSAL VEIN



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การระบุตัวตนโดยใช้เส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ
Thesis Title IDENTIFICATION BY HAND-DORSAL VEIN
ชื่อนักศึกษา นางสาวสุพัทธ ติรพฤทธิ
นางสาวเสริมศิริ นวลลิขิต
ระดับปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

(.....)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญยชนะ ภูระหงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	การระบุตัวตนโดยใช้เส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ	
Thesis Title	IDENTIFICATION BY HAND-DORSAL VEIN	
รายชื่อนักศึกษา	นางสาวสุวพัชร ตีรพฤทธิ	รหัสนักศึกษา 54011435
	นางสาวเสริมศิริ นวลิชิต	รหัสนักศึกษา 54011444
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2557	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ผศ.บุญยชนะ ภูระหงษ์	

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการระบุตัวตนโดยใช้เส้นเลือดบริเวณหลังมือ ซึ่งนำวิธีของ Speeded Up Robust Features (SURF) มาทำการดึงลักษณะเด่นของภาพ เพื่อให้สามารถประมวลผลได้ในรูปแบบเรียลไทม์ (Real Time) โดยการระบุตัวตนด้วยการใช้เส้นเลือดหลังมือนั้นมีข้อดีหลายอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการระบุตัวตนแบบอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น ความง่ายต่อการนำไปใช้งาน เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ต้นทุนสูง รวมถึงมีความแม่นยำและปลอดภัยอีกด้วย โดยมีฟังก์ชันการทำงานหลักๆแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลของผู้ใช้ทั้งหมดในฐานข้อมูล ซึ่งผ่านกระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre-processing) ด้วย Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) และ Gaussian Filter เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความชัดเจนของเส้นเลือดก่อนนำไปเก็บในฐานข้อมูล และส่วนของโปรแกรมที่จัดการเกี่ยวกับกระบวนการระบุตัวตนบุคคล ซึ่งผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) ด้วย Speeded Up Robust Features (SURF) เพื่อระบุตัวตนบุคคล ซึ่งระบบดังกล่าวนี้สามารถเป็นต้นแบบในการนำไปใช้ในการตรวจสอบความปลอดภัย เช่น การอนุญาตให้บุคคลเฉพาะบางกลุ่มสามารถเข้าถึงพื้นที่ใดๆได้ เป็นต้น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าสามารถระบุตัวตนได้จริง โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 75% อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Identification by Hand-dorsal Vein	
Student	Miss Suwapat Tiraphrut	Student ID. 54011435
	Miss Sermsiri Nawalikit	Student ID. 54011444
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Academic Year	2014	
Thesis Advisor	Asst.Prof. Boonchana Purahong	

ABSTRACT

A study to identify the hand-dorsal vein. Which led to the Speeded Up Robust Features (SURF) to extract features of the image. In order to be processed in real-time by identifying with the hand-dorsal vein has several advantages compared to identify other ways, whether it be easy to use, application as the technology is low costly, as well as the accuracy and security. The functionality is divided into two parts: First part, a program for the storage of all the users in the database. This process involves pre-processing with Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) and Gaussian Filter to improve the image quality to be clear of the vein obviously before storing it in the database. Second part, a program for identify peoples. This process improves the quality of the image before entering into Image Processing with Speeded Up Robust Features (SURF) to identify people by compared from database. The system also can be a model to be used in security monitoring, such as allowing only certain people can access any area. From result of experiment that we have found average accuracy 75% of peoples who can identified correctly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความอนุเคราะห์ช่วยเหลือของ อาจารย์บุญย ชนะ ภูระหงษ์ ที่คอยให้แนวคิดและคำปรึกษาให้แก่ผู้จัดทำ อีกทั้งยังเอื้อเพื่ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการจัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้อีกด้วย จึงขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ พี่สถาพร สำหรับแนวคิด คำปรึกษาต่างๆ รวมถึงอุปกรณ์ในการทำปริญญาบัตร
ขอขอบคุณ พี่พี พี่เหน่ง พี่ตึก ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำงานตลอด คอยช่วยในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ เรืองรูปเล่มโครงงาน หรือการนำเสนอโครงงานให้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

ขอบคุณพี่แมว ที่คอยให้คำแนะนำในเรื่องวงจร และเรื่องอื่นๆ ด้วยดีเสมอมา

ขอบคุณคณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา และการช่วยเหลือที่ดีแก่ผู้จัดทำ

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจให้แกกัน
และสุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำ
ตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุวพัชร

ติรพฤทธิ

เสริมศิริ

นวลิขิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	vii
สารบัญรูป.....	viii
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 อุปกรณ์.....	3
1.5.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware).....	3
1.5.2 ซอฟต์แวร์ (Software).....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ไบโอมेटริกซ์ (Biometrics).....	4
2.1.1 นิยามของไบโอมेटริกซ์.....	4
2.1.2 ประเภทของไบโอมेटริกซ์.....	5
2.1.3 ข้อดีของการนำไบโอมेटริกซ์มาใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลเพื่อระบุตัวตน.....	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเราใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลด้วยลักษณะเส้นเลือดดำบริเวณหลังฝ่ามือ.....	6
2.2.1 Anatomy ของหลอดเลือดดำหลังฝ่ามือ.....	7
2.3 Infrared & Blood.....	9
2.3.1 Infrared.....	9
2.3.2 เลือดและส่วนประกอบของเลือด	14
2.4 Introduction of Image Processing.....	19
2.4.1 การประมวลผลข้อมูลภาพในที่นี้จำแนกตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน.....	19
2.4.2 ภาพดิจิทัล (Digital Image).....	20
2.5 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).....	27
2.6 การประมวลผลภาพแบบบริเวณ (Local Image Processing).....	29
2.6.1 การคอนโวลูชัน (Convolution).....	29
2.6.2 ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter).....	34
2.7 Speeded Up Robust Features (SURF).....	35
2.7.1 หาจุดสนใจ (Interest point detection).....	36
2.7.2 สร้างเอกลักษณ์ของแต่ละจุด (Interest Point Description).....	40
2.8 Library EmguCV และ OpenCV.....	42
บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน.....	47
3.1 การออกแบบอุปกรณ์ (Hardware).....	47
3.1.1 การออกแบบลักษณะของอุปกรณ์.....	47
3.1.2 การออกแบบวงจร.....	48
3.2 การออกแบบโปรแกรม (Software).....	48
3.2.1 การออกแบบการใช้งานและส่วนประกอบของโปรแกรม.....	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	57
4.1 อุปกรณ์ถ่ายภาพเส้นเลือดบริเวณหลังมือ.....	57
4.2 กระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre-processing).....	60
4.2.1 การทดลองในกระบวนการ Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).....	60
4.2.2 การทดลองลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian filter).....	61
4.3 กระบวนการเก็บข้อมูลผู้ใช้งานในฐานะข้อมูล.....	62
4.4 กระบวนการประมวลผลภาพ (Processing) และระบุตัวตนบุคคล (Identification).....	64
4.4.1 ผลการทดลองของอัตราการระบุตัวตนได้ของแต่ละคน.....	65
4.4.2 ผลการทดลองระยะเวลาในการระบุตัวตนของแต่ละคน.....	70
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	72
5.1 บทสรุปโครงการ.....	72
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาโครงการ.....	72
5.3 แนวทางการแก้ไข.....	73
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อ.....	73
เอกสารอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก.....	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่า Emissivity ของพื้นผิววัสดุบางชนิด.....	14
ตารางที่ 2.2 Windows Feature.....	43
ตารางที่ 2.3 Mobile devices Feature.....	44
ตารางที่ 2.4 OSX, Linux and Unix Feature.....	45
ตารางที่ 4.1 การทดลองการประมวลผลด้วย CLAHE.....	60
ตารางที่ 4.2 การทดลองการลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน.....	61
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซนต์ของการระบุตัวตนถูกต้อง.....	70
ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาในการระบุตัวตนของแต่ละ ID.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1	มาตรวัดทางชีวภาพ (Biometrics Technology).....	1
รูปที่ 2.1	ระบบไหลเวียนเลือดบริเวณหลังฝ่ามือ.....	7
รูปที่ 2.2	ภาพถ่ายมนุษย์ในย่าน mid-infrared เป็นภาพที่เกิดจากรังสีความร้อน.....	9
รูปที่ 2.3	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	10
รูปที่ 2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับอุณหภูมิ.....	12
รูปที่ 2.5	การถ่ายเทพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุในรูปแบบรังสีอินฟราเรด.....	12
รูปที่ 2.6	การแผ่รังสีของวัตถุดำ (Blackbody Radiation).....	13
รูปที่ 2.7	สเปกตรัมของฮีโมโกลบิน.....	16
รูปที่ 2.8	สเปกตรัมการดูดกลืนของ HbO ₂ และ HbCO ในช่วง Visible Region.....	17
รูปที่ 2.9	สเปกตรัมการดูดกลืนของ HbO ₂ และ HbCO ในช่วง Infrared Region.....	17
รูปที่ 2.10	สเปกตรัมของหลอดเลือดแดง.....	18
รูปที่ 2.11	สเปกตรัมของหลอดเลือดดำ.....	18
รูปที่ 2.12	ฟังก์ชันสองมิติ $f(x,y)$	21
รูปที่ 2.13	ตารางพิกเซลของภาพดิจิทัล.....	22
รูปที่ 2.14	ภาพแบบ 2 สี.....	22
รูปที่ 2.15	ภาพPixel.....	23
รูปที่ 2.16	เอกสาร 8" x 10" ถูกเก็บความละเอียดที่ 300 dpi.....	23
รูปที่ 2.17	Bit Depth.....	24
รูปที่ 2.18	Dynamic range.....	25
รูปที่ 2.19	ภาพตัวอย่างมีการบีบอัดที่ต่างกัน.....	26
รูปที่ 2.20	(a) ค่าฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ (b) ค่าฮิสโตแกรมที่ถูกตัด.....	27
รูปที่ 2.21	การประมวลผลภาพเฉพาะบริเวณ.....	29
รูปที่ 2.22	การคอนโวลูชันระหว่างภาพกับเทมเพลต.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้หรือเผยแพร่ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23	การคอนโวลูชันระหว่างภาพขนาด 4×5 กับ เทมเพลตขนาด 2×2	31
รูปที่ 2.24	ผลของการเติมค่าศูนย์รอบภาพเริ่มต้นก่อนทำการคอนโวลูชัน.....	32
รูปที่ 2.25	เทมเพลตขนาด 3×3	32
รูปที่ 2.26	เทมเพลตแบบเน้นความสำคัญของจุดที่อยู่ตรงกลางเทมเพลต.....	33
รูปที่ 2.27	เทมเพลตสำหรับการกรองความถี่สูงผ่าน.....	33
รูปที่ 2.28	การกรองภาพด้วยเทมเพลต.....	34
รูปที่ 2.29	ตัวกรองแบบเกาส์เซียน.....	35
รูปที่ 2.30	การคำนวณพื้นที่โดยใช้ Integral Image.....	36
รูปที่ 2.31	ตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ที่ต้องการด้วยการใช้ Integral Image.....	37
รูปที่ 2.32	ตัวอย่างหน้าต่าง Gaussian second order derivative.....	38
รูปที่ 2.33	Scale space ของการประมาณค่า Second order Gaussian filter.....	38
รูปที่ 2.34	โครงสร้างของ filter ที่ขนาดต่างๆ.....	39
รูปที่ 2.35	ขนาดของหน้าต่าง filter ของแต่ละ Octave ต่างกัน.....	39
รูปที่ 2.36	การลบจุดสำคัญที่ค่าต่ำกว่าค่า Threshold โดยเปรียบเทียบกับพิกเซลข้างเคียง.....	40
รูปที่ 2.37	ค่า Haar wavelets filter.....	40
รูปที่ 2.38	ทิศทางของจุดที่ละ 60° จะได้ตามทิศทางของแต่ละพื้นที่.....	41
รูปที่ 2.39	หน้าต่างเก็บคุณลักษณะของแต่ละจุดสนใจ.....	41
รูปที่ 2.40	สัญลักษณ์ OpenCV.....	42
รูปที่ 2.41	สัญลักษณ์ Emgu CV.....	42
รูปที่ 2.42	Emgu CV Architecture.....	46
รูปที่ 3.1	ลักษณะโดยรวมของอุปกรณ์.....	47
รูปที่ 3.2	วงจรหลอด Infrared LEDs.....	48
รูปที่ 3.3	flow chart การทำงานส่วนเก็บภาพ.....	49
รูปที่ 3.4	flow chart การทำงานของระบบในส่วนระบุตัวตน.....	50
รูปที่ 3.5	กระบวนการประมวลผลเบื้องต้น (Pre-Processing).....	51
รูปที่ 3.6	กระบวนการประมวลผล (Processing).....	52
รูปที่ 3.7	หน้าจอโปรแกรมเก็บภาพ และแสดงผลภาพ.....	53

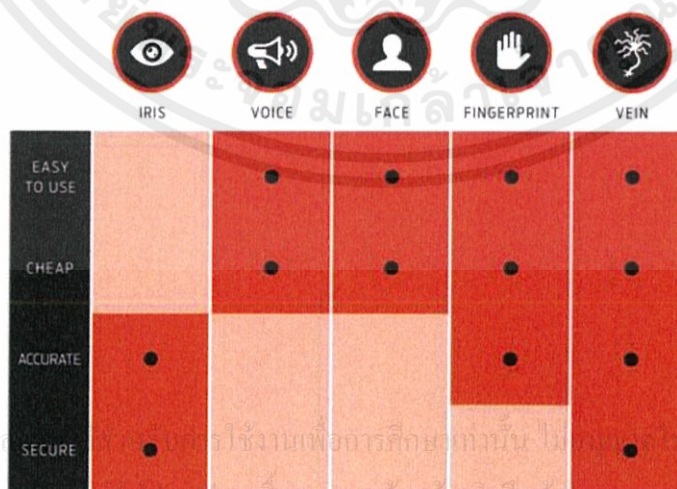
รูปที่ 3.8 หน้าจอโปรแกรมเก็บภาพเมื่อทำการกรอกชื่อ.....	54
รูปที่ 3.9 หน้าจอโปรแกรมในส่วนแก้ไขภาพ.....	54
รูปที่ 3.10 หน้าจอโปรแกรมสำหรับเรียกดูภาพ.....	55
รูปที่ 3.11 หน้าจอโปรแกรมเมื่อภาพที่เรียกดูเป็นภาพแรกและภาพสุดท้าย.....	55
รูปที่ 3.12 หน้าจอโปรแกรมระบุตัวตน.....	56
รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการถ่ายภาพเส้นเลือดบริเวณหลังมือ.....	57
รูปที่ 4.2 วงจร LEDs Infrared.....	58
รูปที่ 4.3 ตำแหน่งของแผงวงจรกำเนิดแสงอินฟราเรด.....	58
รูปที่ 4.4 การทดลองถ่ายภาพหลังมือจากอุปกรณ์.....	59
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายหลังมือที่ถ่ายจากอุปกรณ์.....	59
รูปที่ 4.6 อินเตอร์เฟซของโปรแกรมเก็บข้อมูลผู้ใช้.....	62
รูปที่ 4.7 ฐานข้อมูลซึ่งเก็บข้อมูลภาพถ่ายเส้นเลือดหลังมือของผู้ใช้ในตาราง dbo.HandVein.....	62
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูลของคน 1 คน จำนวน 10 ภาพ.....	63
รูปที่ 4.9 ตัวอย่างภาพของผู้ใช้ในฐานข้อมูลทั้งหมด 10 คน.....	63
รูปที่ 4.10 ระบุตัวตนผ่าน.....	64
รูปที่ 4.11 ระบุตัวตนไม่ผ่าน หรือไม่มีข้อมูลในฐานข้อมูล.....	64
รูปที่ 4.12 การระบุตัวตนของคนที่ 1.....	65
รูปที่ 4.13 การระบุตัวตนของคนที่ 2.....	65
รูปที่ 4.14 การระบุตัวตนของคนที่ 3.....	66
รูปที่ 4.15 การระบุตัวตนของคนที่ 4.....	66
รูปที่ 4.16 การระบุตัวตนของคนที่ 5.....	67
รูปที่ 4.17 การระบุตัวตนของคนที่ 6.....	67
รูปที่ 4.18 การระบุตัวตนของคนที่ 7.....	68
รูปที่ 4.19 การระบุตัวตนของคนที่ 8.....	68
รูปที่ 4.20 การระบุตัวตนของคนที่ 9.....	69
รูปที่ 4.21 การระบุตัวตนของคนที่ 10.....	69
รูปที่ 4.22 กราฟี่แนวโน้มเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อระบุตัวตน.....	71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความปลอดภัยถือเป็นเรื่องสำคัญในยุคปัจจุบัน ถ้าหากมีการควบคุมความปลอดภัยที่ดี ก็สามารถลดโอกาสเสี่ยงต่อการถูกคุกคามได้น้อยลง ซึ่งสิ่งหนึ่งที่ทำให้เราสามารถจัดการกับความเสี่ยงเหล่านั้น ไม่ว่าจะเป็นความเสี่ยงที่เกิดจากการทำธุรกรรมทางการเงิน ความเสี่ยงที่เกิดจากระบบรักษาความปลอดภัย หรือความเสี่ยงใดๆก็ตามที่สามารถก่อให้เกิดปัญหาแก่ตัวบุคคล การระบุตัวตน (Identification) เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการแยกแยะแต่ละบุคคล ว่าคนเหล่านั้นเป็นใคร และยังมีส่วนช่วยให้เราสามารถสืบค้นประวัติของบุคคลเหล่านั้นได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเราสามารถทำการระบุตัวตนได้หลายวิธี แต่ละวิธีนั้นจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความจำเป็นในการใช้งาน ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ มาตรวัดทางชีวภาพ (Biometrics Technology) เป็นวิธีการแยกแยะเอกลักษณ์เฉพาะที่มีความแตกต่างและไม่ซ้ำกันของมนุษย์เป็นดัชนีชี้วัดเพื่อใช้พิสูจน์ทราบ และยืนยันตัวตนของบุคคลผู้เป็นเจ้าของรหัสทางชีวภาพเหล่านั้นได้อย่างแม่นยำ เช่น ลักษณะม่านตา (Iris Pattern) ลายนิ้วมือ (Fingerprint) รูปหน้า (Facial) ฝ่ามือ (Palm Geometry) ลักษณะของมือ (Hand Geometry) การลงลายเซ็นต์ (Dynamic Signature) การพิมพ์ (Keystroke Dynamics) ท่าเดิน (Gait Recognition) เสียงพูด (Voice) และเส้นเลือด (Vein) เป็นต้น



รูปที่ 1.1 มาตรวัดทางชีวภาพ (Biometrics Technology) [7]

จากรูปที่ 1.1 การระบุตัวตนด้วยเส้นเลือดถือเป็นเทคโนโลยี ที่มีข้อดีหลายอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการระบุตัวตนแบบอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น ความง่ายต่อการนำไปใช้งาน เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ต้นทุนสูง และยังมีความแม่นยำและปลอดภัยอีกด้วย อีกทั้งเส้นเลือดที่อยู่ภายใต้ผิวหนังของคน แสดงถึงการที่บุคคลนั้นยังมีชีวิตอยู่ เส้นเลือดเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคลไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา เส้นเลือดไม่สัมผัสกับอุปกรณ์ซึ่งทำให้ยากแก่การปลอมแปลง ทำให้การระบุตัวตนด้วยเส้นเลือด ถือเป็นวิธีที่ค่อนข้างมีความปลอดภัยสูง

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้เกิดความสนใจในการศึกษาการระบุตัวตนโดยใช้เส้นเลือดบริเวณหลังมือ ซึ่งนำวิธีของ Speeded Up Robust Features (SURF) มาทำการดึงลักษณะเด่นของแต่ละภาพ [3] เพื่อให้สามารถประมวลผลได้ในรูปแบบเรียลไทม์ (Real Time) และทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อระบุตัวตนโดยใช้เส้นเลือดบริเวณหลังมือ ด้วยวิธีการหาลักษณะเด่นของภาพจากกระบวนการ SURF ให้สามารถแสดงผลได้ในรูปแบบเรียลไทม์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ให้สามารถถ่ายภาพเส้นเลือดบริเวณหลังมือได้
2. ปรับคุณภาพของภาพที่ได้ เหมาะสมแก่การนำไปเข้ากระบวนการ SURF
3. สามารถระบุตัวตนด้วยเส้นเลือดบริเวณหลังมือ ในรูปแบบเรียลไทม์ได้ด้วยกระบวนการ SURF

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษางานวิจัยก่อนหน้าเกี่ยวกับการระบุตัวตนจากเส้นเลือดบริเวณหลังมือ

เอกสารนี้เป็น 2. ออกแบบโครงสร้างและขอบเขตของโครงการที่จะทำนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ถือว่าห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วางแผนขั้นตอนการทำงานในแต่ละส่วนทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์

4. ศึกษากระบวนการทำงานจากงานวิจัยก่อนหน้าด้วยโปรแกรม MATLAB
5. ทดลองทำอุปกรณ์ในการถ่ายภาพหลังมือ
6. ศึกษาการเขียนโปรแกรมในภาษา C#
7. ทำการทดสอบชิ้นงานโดยภาพรวมของระบบ จากการรวมกันของทั้งส่วนฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์
8. จัดทำเอกสารประกอบปริญญาานิพนธ์

1.5 อุปกรณ์

1.5.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- | | |
|---|---------|
| 1. กล้องเว็บแคม (Webcam) รุ่น Logitech HD Webcam C525 | 1 ตัว |
| 2. Infrared Filter | 1 ตัว |
| 3. Infrared LEDs (Infrared light-emitting diode) | 18 หลอด |

1.5.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

1. MATLAB R2013b
2. Visual Studio 2012
3. Emgu.CV Library Version 2.4.2
4. Microsoft SQL Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการโดยจะกล่าวถึงทฤษฎีของไบโอเมตริกซ์ของเส้นเลือดหลังมือ การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Image Processing) และในส่วนของกระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre-processing) เนื่องจากภาพที่ได้รับจากกล้องยังไม่มีความคมชัดของเส้นเลือดเพียงพอต่อการดึงคุณสมบัติเด่น จึงเพิ่มประสิทธิภาพของภาพด้วยการปรับฮิสโตแกรม (Histogram) จากวิธี Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) และลดสัญญาณรบกวนภาพด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter) เพื่อนำไปใช้ดึงคุณสมบัติเด่นและระบุตัวตนด้วยกระบวนการ Speeded Up Robust Features (SURF) ในขั้นตอนการประมวลผลภาพต่อไป รวมถึง Library EmguCV ซึ่งเป็นตัวช่วยที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมที่เขียนด้วย C# อีกด้วย

2.1 ไบโอเมตริกซ์ (Biometrics) [1]

2.1.1 นิยามของไบโอเมตริกซ์

ไบโอเมตริกซ์ ในที่นี้หมายถึง การผสมผสานเทคโนโลยีทางด้านชีวภาพและการแพทย์กับเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล โดยการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) หรือลักษณะทางพฤติกรรม (Behavioral Characteristics) ที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละคนมาใช้ในการระบุตัวตนบุคคลนั้นๆ แล้วนำสิ่งเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับคุณลักษณะที่ได้มีการบันทึกไว้ในฐานข้อมูลก่อนหน้านี้ เพื่อใช้ระบุตัวบุคคล ลักษณะทางกายภาพของคนเรานั้นส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ในขณะที่พฤติกรรมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ จึงทำให้การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลโดยใช้ลักษณะทางกายภาพนั้นมีความน่าเชื่อถือมากกว่าการพิสูจน์โดยใช้ลักษณะทางพฤติกรรม ตัวอย่างคุณลักษณะทางกายภาพที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ลายนิ้วมือ (Fingerprint) ม่านตา (Iris) โครงสร้างฝ่ามือ (Palm Geometry) รูปหน้า (Facial Recognition) และลักษณะเส้นเลือดดำ (Vein) เป็นต้น ส่วนเสียงพูด การลงลายมือชื่อ การใช้แป้นพิมพ์นั้น ถือเป็นเอกลักษณ์ลักษณะทางพฤติกรรมของบุคคลที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามกาลเวลาและการเรียนรู้ของ **ก้านการกำ** **ไม่ว่าเจ้าของ** ทุกสิ่ง **อีกทั้งห้ามมิให้** **คัดแปลงเนื้อหา** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์มาใช้เป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้กับองค์กร หรือระบบ เนื่องจากสามารถป้องกันบุคคลที่น่าสงสัย หรือผู้ไม่ประสงค์ดีเข้ามาก่อวินาศกรรมได้ ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีทางด้านนี้เข้าไปใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การควบคุมการเข้าออกของอาคาร การจัดการฐานข้อมูลขององค์กร การควบคุมการลงเวลางานของพนักงาน และการตรวจสอบคนเข้าเมือง เป็นต้น นอกจากนี้ธนาคารในต่างประเทศหลายแห่งเริ่มที่จะนำเทคโนโลยีนี้เข้ามาใช้กันมากขึ้น เพื่อป้องกันอาชญากรรมต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้จากการระบุตัวตนผิดพลาด

2.1.2 ประเภทของไบโอเมตริกซ์

ไบโอเมตริกซ์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางพฤติกรรมที่ใช้ในการระบุตัวตนบุคคล

2.1.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

1. ลักษณะใบหน้า (Facial Recognition)
2. ลายนิ้วมือ (Fingerprint)
3. ลักษณะของมือ (Hand Geometry)
4. ลักษณะของม่านตา หรือเรตินา (Iris or Retina Pattern)
5. ลักษณะของนิ้วมือ (Finger Geometry)
6. ลักษณะใบหู (Ear Shape)
7. กลิ่น (Human Scent)
8. ลักษณะเส้นเลือดดำ (Vein)

2.1.2.2 ลักษณะทางพฤติกรรม

1. การพิมพ์ (Keystroke Dynamics)
2. การเซ็นชื่อ (Signature)
3. เสียง (Voice Recognition)
4. การเดิน (Gait Recognition)

2.1.3 ข้อดีของการนำไบโอเมตริกซ์มาใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลเพื่อระบุตัวตน

1. การใช้ไบโอเมตริกซ์ทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องจำ หรือไม่จำเป็นต้องถือบัตรผ่านใดๆ ทำให้สะดวกและรวดเร็วขึ้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยรักษาความปลอดภัย ป้องกันการสูญหายของบัตรผ่าน และป้องกันผู้อื่นลักลอบนำรหัสผ่านไปใช้

2. การใช้ไบโอเมตริกซ์ ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถปฏิเสธความรับผิดชอบได้ เช่น กรณีของการใช้บัตรผ่าน เจ้าของบัตรอาจอ้างได้ว่าบัตรหายหรือผู้อื่นลักลอบนำไปใช้ แต่ในการใช้ระบบไบโอเมตริกซ์ ผู้ใช้ไม่สามารถปฏิเสธความรับผิดชอบได้

3. การใช้ไบโอเมตริกซ์ยากต่อการเปลี่ยนแปลงและการลักลอบการนำไปใช้

2.2 การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลด้วยลักษณะเส้นเลือดดำบริเวณหลังฝ่ามือ

การตรวจสอบลักษณะเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือของแต่ละบุคคลจะมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน แม้แต่ฝ่าแฝดก็มีลักษณะของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือที่ไม่เหมือนกัน ลักษณะของเส้นเลือดที่อยู่ภายในร่างกายทำให้ไม่สามารถขโมยได้ด้วยการถ่ายภาพ บันทึกเสียง หรือคัดลอกเหมือนลายนิ้วมือ จึงทำให้การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลด้วยวิธีนี้มีความปลอดภัยมากกว่าวิธีอื่นๆ

การเก็บภาพของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ จะต้องถ่ายภาพใต้แสงอินฟราเรด เนื่องจากฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในกระแสเลือดจะถูกเติมออกซิเจนในปอดแล้วนำเอาออกซิเจนที่ได้ไปหล่อเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆ แล้วฮีโมโกลบินที่ปราศจากออกซิเจนก็จะไหลกลับไปหัวใจผ่านทางเส้นเลือดดำ ซึ่งฮีโมโกลบินทั้งสองชนิดนี้มีการดูดซับแสงที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน โดย ฮีโมโกลบินที่ปราศจากออกซิเจนจะดูดซับแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 760 นาโนเมตรในช่วงของแสงอินฟราเรด ฮีโมโกลบินที่ปราศจากออกซิเจนในเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือจะดูดซับแสงไว้ ส่งผลให้มีอัตราการสะท้อนแสงต่ำ จึงทำให้ภาพของเส้นเลือดที่ได้ปรากฏขึ้นมาเป็นสีดำ

วิธีการถ่ายภาพของเส้นเลือดดำมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การถ่ายแสงที่ทะลุผ่านเส้นเลือด เป็นการถ่ายแสงที่ถูกส่งผ่านเข้าไปในมือโดยตรง
2. การถ่ายแสงที่สะท้อนกลับ เป็นการถ่ายภาพแสงที่สะท้อนกลับมาจากหลังฝ่ามือ

ในที่นี้ใช้การถ่ายแสงที่สะท้อนกลับ เพราะวิธีการที่อุปกรณ์ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการรับแสงของมือมีความแตกต่างกัน เมื่อร่างกายเย็นลงเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่อยู่รอบๆตัวลดต่ำลง หลอดเลือดจะหดตัวลง ทำให้การไหลเวียนของเลือดไปยังส่วนต่างๆของร่างกายลดลง ความสามารถในการรับแสงของมือที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้แสงทะลุผ่านมือได้ง่ายมากขึ้น ถ้าความสามารถในการรับแสงสูงเกินไป ทำให้แสงสามารถทะลุผ่านมือได้ง่าย ส่งผลต่อการถ่ายภาพแสงที่ทะลุผ่านเส้นเลือดมีความแตกต่างของสีขาและสีดำน้อย จนทำให้มองรูปแบบเส้นเลือดได้ไม่ชัดเจน แต่สำหรับการถ่ายภาพจากแสงที่สะท้อนกลับนั้นไม่ได้รับผลกระทบจากกรณีดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

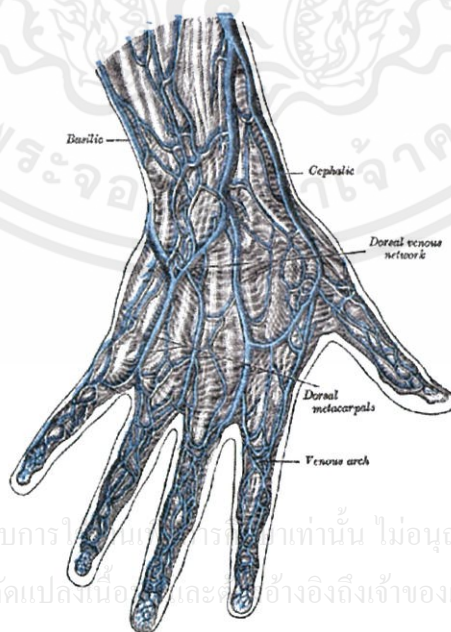
2.2.1 Anatomy ของหลอดเลือดดำหลังฝ่ามือ [14]

ในกายวิภาคศาสตร์มนุษย์ หลอดเลือดดำเบซิลิก (Basilic vein) เป็นหลอดเลือดดำชั้นผิวหนังขนาดใหญ่ของรยางค์บนซึ่งช่วยระบายเลือดจากส่วนของมือและปลายแขน เริ่มต้นจากร่างแหหลอดเลือดดำหลังมือด้านใกล้ลำตัว (หรือด้านกระดูกอัลนา) มาตามฐานของปลายแขนและต้นแขน แนวเส้นทางของเส้นเลือดส่วนใหญ่อยู่ในชั้นผิวหนัง โดยทั่วไปหลอดเลือดนี้มาตามชั้นไขมันและพังผืดอื่นๆ ที่อยู่ในชั้นตื้นต่อกล้ามเนื้อของรยางค์บน ดังนั้นเราสามารถเห็นเส้นเลือดนี้ได้ผ่านผิวหนัง

ใกล้บริเวณด้านหน้าของแอ่งแขนพับ (cubital fossa) หลอดเลือดดำเบซิลิกมักจะเชื่อมกับหลอดเลือดดำชั้นผิวหนังขนาดใหญ่อื่นๆ ในรยางค์บนนั่นคือ หลอดเลือดดำเซฟาสิก (cephalic vein) โดยผ่านหลอดเลือดดำมีเดียัน คิวบิตัล (median cubital vein) ลักษณะของหลอดเลือดดำชั้นผิวหนังของปลายแขนมีความแปรผันมากในแต่ละบุคคล ทำให้มีหลอดเลือดดำชั้นผิวหนังจำนวนมากที่เชื่อมกับหลอดเลือดดำเบซิลิกที่ไม่มีชื่อ

เมื่อหลอดเลือดมาถึงประมาณครึ่งทางของต้นแขน (ครึ่งหนึ่งที่อยู่ระหว่างไหล่และข้อศอก) หลอดเลือดดำเบซิลิกจะลงไปในพื้นที่มากขึ้น และไหลใต้กล้ามเนื้อ บริเวณขอบล่างของกล้ามเนื้อเทเรส เมเจอร์ (teres major muscle) จะมีหลอดเลือดดำรอบกระดูกต้นแขนด้านหน้าและด้านหลัง ไหลเข้ามาเชื่อม ก่อนที่จะเชื่อมกับหลอดเลือดดำแขน (brachial veins) แล้วกลายเป็นหลอดเลือดดำรักแร้ (axillary vein)

เช่นเดียวกับหลอดเลือดดำชั้นผิวหนังของปลายแขน การเจาะหลอดเลือดดำ (venipuncture) สามารถใช้หลอดเลือดแดงเบซิลิกได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหามาใช้หรืออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 ระบบไหลเวียนเลือดบริเวณหลังฝ่ามือ

ระบบไหลเวียนเลือดประกอบด้วย หลอดเลือดแดงใหญ่ (Aorta) หลอดเลือดแดง (Artery) หลอดเลือดแดงเล็ก (Arteriole) หลอดเลือดฝอย (Capillary) หลอดเลือดดำเล็ก (Venule) หลอดเลือดดำ (Vein) และหลอดเลือดดำใหญ่ (Venacava) ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการให้สารน้ำทางหลอดเลือด คือหลอดเลือดดำ

หลอดเลือดดำแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับต้น ระดับเล็ก และแฉ่งหลอดเลือด แบ่งทางกายวิภาคได้เป็น 3 ชั้น คือ

ชั้นใน เรียกว่า tunica intima ประกอบด้วยชั้นเซลล์เยื่อหลอดเลือด (endothelium) และ internal elastic membrane รวมกันเป็นชั้นในที่เรียบและสม่ำเสมอ ทำให้เลือดไหลได้สะดวกในภาวะปกติ ดังนั้นขณะแห่งเข็มทะลุผ่านเข้าหรือดึงเข็มออก ฟิงทำด้วยความระมัดระวัง เพราะอาจทำลายผนังชั้นในของหลอดเลือดขรุขระเป็นเหตุให้เกิดก้อนเลือดอุดตัน (thrombosis) หรือการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือดได้

ชั้นกลาง เรียกว่า tunica media ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบ เนื้อเยื่อประสาทพวก elastic หรือ collagen และเส้นใยประสาททั้งชนิดกระตุ้นหลอดเลือด หดตัว คลายตัว ชั้นกล้ามเนื้อ ในหลอดเลือดดำจะบางกว่าในหลอดเลือดแดง ทำให้เห็นการโป่งหรือแฟบของหลอดเลือดดำตามปริมาณเลือดและความดันภายในแต่หลอดเลือดแดงจะคงรูปตลอด

ชั้นนอก เรียกว่า tunica adventitia ประกอบด้วยเนื้อเยื่อประสานแบบหลวม ทำหน้าที่หุ้มหลอดเลือด ระบบหลอดเลือดดำ

“ทำไมจึงต้องใช้หลอดเลือดดำในการฉีดยาหรือให้สารน้ำ ???”

เนื่องจากหลอดเลือดดำบริเวณผิวหนังอยู่ตื้น เห็นได้ชัด เลือดกว่าครึ่งหนึ่งอยู่ในหลอดเลือดดำ ความดันในหลอดเลือดดำต่ำ (บริเวณปลายมือ ขณะยืน = 35 mmHg. ขณะนอน = 15 cmH₂O.) จึงสะดวกในการให้ของเหลว ในขณะที่ความดันในหลอดเลือดแดงสูง (ประมาณ 100 mmHg.) การให้ของเหลวต้องใช้แรงดันมาก สารน้ำและยาบางชนิดเมื่อให้เข้าหลอดเลือดแล้วจะทำให้เกิดการระคายเคืองหรือหดตัว ถ้าเป็นหลอดเลือดแดงจะเป็นอันตรายเพราะจะทำให้เนื้อเยื่อขาดเลือดและออกซิเจน [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Infrared & Blood

2.3.1 Infrared

รังสีอินฟราเรด (Infrared (IR)) มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า รังสีใต้แดง หรือรังสีความร้อน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและแสงมีความถี่ในช่วง $10^{11} - 10^{14}$ เฮิร์ตซ์ มีความถี่ในช่วงเดียวกับไมโครเวฟ มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแสงสีแดงกับคลื่นวิทยุสสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -200 องศาเซลเซียสถึง 4,000 องศาเซลเซียส จะปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา คุณสมบัติเฉพาะตัวของรังสีอินฟราเรด เช่น ไม่เปี่ยมเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่แตกต่างกันก็คือคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความถี่ คือยิ่งความถี่สูงมากขึ้น พลังงานก็สูงขึ้นด้วย ดังนั้น

ในการใช้ประโยชน์ ใช้ในการควบคุมเครื่องใช้ระบบไกล (remote control) สร้างกล้องอินฟราเรดที่สามารถมองเห็นวัตถุในความมืดได้ เช่น อเมริกาสามารถใช้กล้องอินฟราเรดมองเห็นเวียตกงได้ตั้งแต่สมัยสงครามเวียดนาม และสัตว์หลายชนิดมีนัยน์ตารับรู้รังสีชนิดนี้ได้ ทำให้มองเห็นหรือล่าเหยื่อได้ในเวลากลางคืน

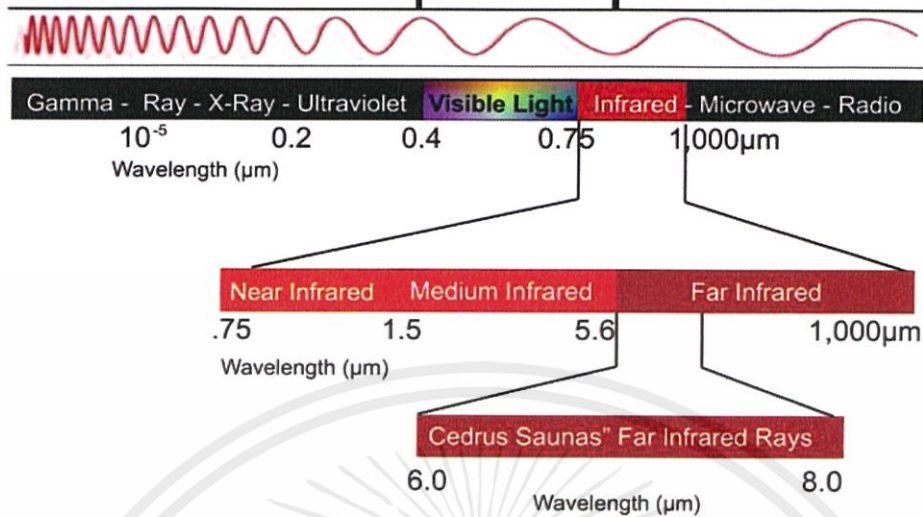


รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายมนุษย์ในย่าน mid-infrared เป็นภาพที่เกิดจากรังสีความร้อน [10]

แสงนั้นเป็นสิ่งมหัศจรรย์เส้นลับทางวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่ง เรามองเห็นวัตถุรอบๆ ตัวเราและบอกสีต่างๆ ได้โดยแสงสะท้อนเข้าสู่ตาเรา แต่ธรรมชาติแท้จริงของแสงนั้นยังปิดบังความจริงเอาไว้อีกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



รูปที่ 2.3 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จากรูปแสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ จะเห็นได้ว่ารังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นที่มากกว่าแสงที่ตามองเห็นที่ยาวที่สุด ซึ่งก็คือสีแดงด้วยเหตุนี้เองจึงเรียกรังสีชนิดนี้ว่า รังสีอินฟราเรด หรือ รังสีใต้แดง รังสีอินฟราเรดสามารถแบ่งช่วงความยาวคลื่นได้เป็น 3 ช่วงคือ

1. รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (NIR) ช่วงคลื่นสั้นของรังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 0.7 ไมโครเมตรจนถึง 1.5 ไมโครเมตร รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นมักจะประยุกต์ใช้ในการถ่ายภาพความร้อน
2. รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นกลาง (MIR) ช่วงคลื่นกลางของรังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 1.5 ไมโครเมตรจนถึง 5.6 ไมโครเมตร อินฟราเรดระยะกลางมักประยุกต์ใช้กับระบบนำวิถีของจรวด Missile
3. รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นยาว (FIR) ช่วงคลื่นยาวของรังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 5.6 ไมโครเมตรขึ้นไป รังสีประเภทนี้เป็นช่วงคลื่นยาวจึงมีพลังงานความร้อนไม่มากนักจึงนิยมใช้ในการบำบัดผู้ป่วย เช่น อาการปวดเมื่อยเรื้อรัง และผู้ป่วยด้วยโรคความดันโลหิต รวมถึงการควบคุมน้ำหนัก เป็นต้น

สายตาของมนุษย์นั้นธรรมชาติได้ออกแบบให้สามารถมองเห็นคลื่นได้ในระดับหนึ่งหรือเรียกว่า "รังสีการมองเห็น" (Visible Light) โดยจะอยู่ในรูปของความสว่าง จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าเราสามารถมองเห็นรังสีในย่านแคบ ๆ เท่านั้น หรือเรียกว่าย่านสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถ้าทางด้านซ้ายของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) ก็จะติดกับย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นในย่านนี้และส่วนด้านขวาของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า

(Electromagnetic Spectrum) ก็จะติดกับย่านรังสีอินฟราเรด (InfraredRay)ซึ่งเราก็ไม่สามารถมองเห็นเช่นกัน

สรุปได้ว่า รังสีอินฟราเรด (Infrared) คือ แสงที่มนุษย์เราไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำกว่าแสงสีแดง แหล่งกำเนิดของรังสีอินฟราเรด คือ ความร้อน (Heat) จะเกิดการแผ่รังสีความร้อนกับวัตถุใดก็ตามที่มีอุณหภูมิสูงกว่าค่า Absolute Zero หรืออุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ (-273.15 องศาเซลเซียส หรือ 0 องศาเคลวิน) เท่านั้น โดยจะมีการแผ่รังสีในย่านอินฟราเรดหรือรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากพื้นผิวของวัตถุ แม้ว่าวัตถุนั้นจะเป็นไนโตรเจนเหลวที่มีอุณหภูมิลดลงถึง -196 องศาเซลเซียส ก็ยังมีการแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาได้ ถึงแม้จะมีค่าน้อยก็ตามซึ่งในความเป็นจริงและในชีวิตประจำวันเราจะสัมผัสและเกี่ยวข้องกับรังสีอินฟราเรดอยู่ตลอดเวลา

กล่าวคือ เราสัมผัสกับรังสีอินฟราเรดอยู่ตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ถึงแม้ว่าตามนุษย์จะไม่สามารถมองเห็นรังสีอินฟราเรดได้ แต่ผิวเราก็สามารถสัมผัสถึงความร้อนได้ นั่นแสดงให้เห็นว่าวัตถุที่ร้อนย่อมแผ่พลังงานรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดออกมาได้มากกว่าวัตถุที่เย็น[9]

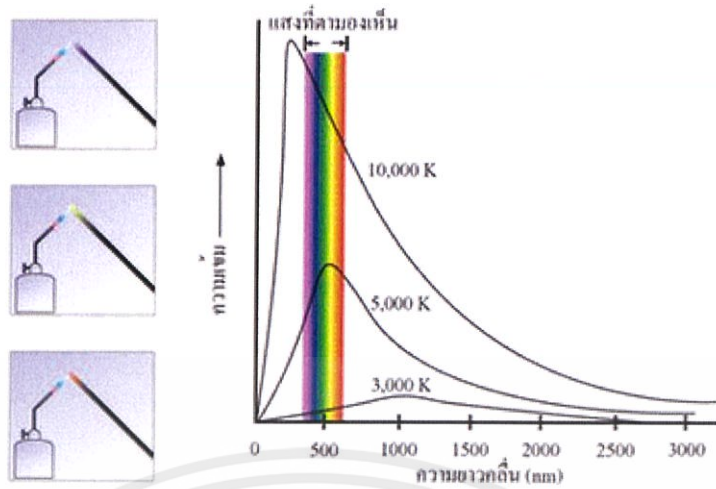
2.3.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและอุณหภูมิ[8]

วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเคลวิน (-273 องศาเซลเซียส) มีพลังงานภายในตัว และมีการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแปรผกผันกับอุณหภูมิ มิใช่มีเพียงสิ่งที่มีอุณหภูมิสูง ดังเช่น ดวงอาทิตย์ และไส้หลอดไฟฟ้า จึงมีการแผ่รังสี หากแต่สิ่งที่มีอุณหภูมิต่ำดังเช่น ร่างกายมนุษย์ และน้ำแข็ง ก็มีการแผ่รังสีเช่นกัน เพียงแต่ตาของเรามองไม่เห็น เมื่อพิจารณาในภาพที่ 3 เมื่อเราให้พลังงานความร้อนแก่แท่งโลหะ เมื่อมันเริ่มร้อน มันจะเปล่งแสงสีแดง (สามารถเห็นได้จากขดลวดของเตาไฟฟ้า) เมื่อมันร้อนมากขึ้น มันจะเปล่งแสงสีเหลืองและในที่สุดมันจะเปล่งแสงสีขาวอมน้ำเงินเมื่อพิจารณาเส้นกราฟจะเห็นว่า

เมื่อโลหะมีอุณหภูมิ 3,000 องศาเคลวิน ความยาวคลื่นสูงสุดที่ยอดกราฟจะอยู่ที่ 1000 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับย่านรังสีอินฟราเรด ซึ่งสายตาเราไม่สามารถมองเห็นรังสีชนิดนี้ เราจึงเห็นแท่งโลหะแผ่แสงสีแดงเนื่องจากเป็นความยาวคลื่นที่ต่ำที่สุดแล้วที่เราสามารถมองเห็นได้

เมื่อแท่งเหล็กมีอุณหภูมิ 5,000 องศาเคลวิน ความยาวคลื่นสูงสุดที่ยอดกราฟจะอยู่ที่ 580 นาโนเมตร เราจึงมองเห็นแท่งโลหะเปล่งแสงสีเหลือง เมื่อแท่งเหล็กมีอุณหภูมิ 10,000 องศาเคลวิน ความยาวคลื่นสูงสุดที่ยอดกราฟจะอยู่ที่ 290 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งสายตาเราไม่สามารถมองเห็นรังสีชนิดนี้ เราจึงเห็นแท่งโลหะแผ่แสงสีม่วงเนื่องจากเป็นความยาวคลื่นที่สูงที่สุดแล้วที่เราสามารถมองเห็นได้

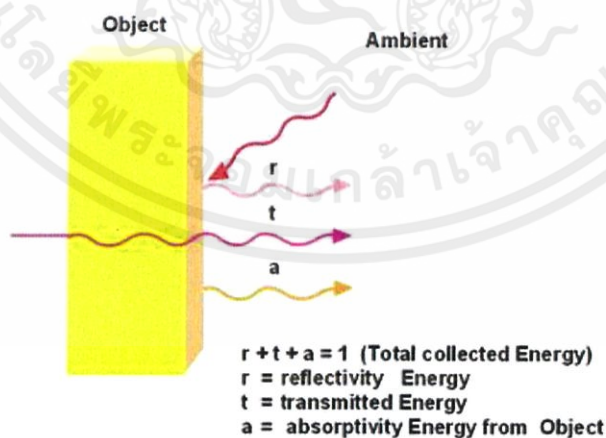
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับอุณหภูมิ

ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่า วัตถุร้อน จะมีพลังงานสูง และแผ่รังสีคลื่นสั้น ส่วนวัตถุเย็นจะมีพลังงานต่ำ แผ่รังสีคลื่นยาว สำหรับรังสีอินฟราเรดหรือรังสีความร้อนนั้น จะแผ่ออกมาจากพื้นผิวของวัตถุชิ้นแรกเท่านั้น ในรูปแบบของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยรังสีอินฟราเรดหรือรังสีความร้อนที่ตกกระทบบนพื้นผิววัตถุ บางส่วนจะถูกดูดกลืน (Absorbed) บางส่วนจะสะท้อน (Reflected) และ บางส่วนจะส่งผ่านหรือทะลุผ่านออกไป (Transmitted) ดังแสดงในรูปซึ่งสัดส่วนเหล่านี้แสดงได้ในรูปที่ 2.5

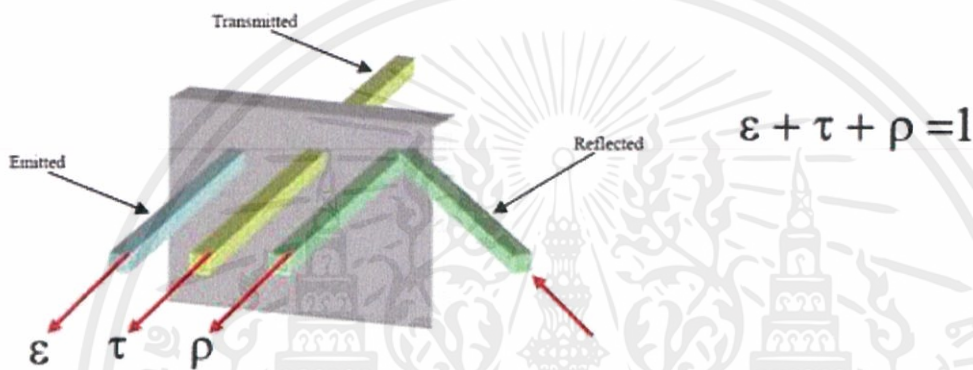
เมื่อกำหนดให้ Absorbtivity (a), Reflectivity (r) และ Transmissivity (t)



รูปที่ 2.5 การถ่ายเทพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุในรูปแบบรังสีอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรในหน่วยงานนี้ ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพภาวะแวดล้อมที่สมดุล การแผ่พลังงานของรังสีอินฟราเรดของวัตถุจะมีค่าเท่ากับปริมาณที่ดูดกลืน เป็นผลให้วัตถุที่สามารถจะดูดกลืนรังสีได้ดีก็จะแผ่รังสีได้ดีด้วย สรุปได้ว่า ตัวดูดกลืนรังสีในอุดมคติ (Ideal Absorber) คือ วัตถุที่มีค่า a (Absorptivity) เป็น 1 และเมื่อเรากล่าวถึงการแผ่รังสีที่แผ่ออกจากวัตถุ โดยต่างจากการดูดกลืนจะใช้คำว่า e (Emissivity) แทนที่จะใช้ Absorptivity (a) อย่างไรก็ตาม ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ตามกฎของ Kirchhoff's Law ฉะนั้น $e = a$



รูปที่ 2.6 การแผ่รังสีของวัตถุดำ (Blackbody Radiation)

เมื่อกล่าวถึงคุณลักษณะการแผ่รังสีความร้อนบนผิวจริงของวัตถุทั่วไป จำเป็นต้องเข้าใจแนวความคิดของวัตถุดำเสียก่อน วัตถุดำเป็นผิวทางอุดมคติ ($a = 1$) ซึ่งมีคุณลักษณะดังนี้

1. วัตถุดำจะดูดกลืนรังสีตกกระทบทั้งหมดไว้ไม่มีการสะท้อนกลับ โดยไม่คำนึงถึงความยาวคลื่นและทิศทาง

2. วัตถุดำจะแผ่รังสีได้มากกว่าวัตถุอื่น ๆ ทุกชนิดที่อุณหภูมิและความยาวคลื่นเดียวกัน

3. วัตถุดำจะแผ่รังสีออกโดยไม่ขึ้นกับทิศทาง นั่นคือ วัตถุดำเป็น diffuse emitter

เนื่องจากวัตถุดำเป็นการแผ่รังสี และตัวดูดกลืนรังสีที่ดีที่สุด (Perfect emitter and absorber) ดังนั้น วัตถุดำจึงเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบคุณสมบัติการแผ่รังสีของผิววัตถุจริงต่าง ๆ

สำหรับการคำนวณทางวิศวกรรมจะถือว่าคุณสมบัติของผิววัตถุจะสามารถปล่อยออกเฉลี่ยเท่ากับทุกทิศทางเป็นผลให้ไม่ขึ้นกับทิศทางค่า Emissivity (e) จะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุ การเป็นตัวนำ (Conductor) หรือไม่เป็นตัวนำ (Non-Conductor) โดยทั่วไปค่า Emissivity ของผิวโลหะจะมีค่าน้อย และถ้าเป็นโลหะผิวมันเงาก็ยิ่งจะมีค่าน้อยกว่า 0.02 แต่ถ้าทาสีบนแผ่นโลหะนั้นค่าอาจเพิ่มขึ้น และถ้าโลหะมีสนิมก็เพิ่มขึ้นได้เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น e

= 0.01 สำหรับเหล็กสแตนเลสมีสนิมเล็กน้อย แต่ถ้ามีสนิมมากจะมีค่าประมาณ 0.5 ส่วนค่า ปกติเป็นตัวนำจะมีค่ามากกว่า 0.6 ขึ้นไป และเพิ่มขึ้นหรือลดถ้าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่า Emissivity ของพื้นผิววัสดุบางชนิด

Surface	อุณหภูมิ, °C	Emissivity
Polished silver	225-625	0.0198-0.0324
Platinum filament	25-1225	0.036-0.192
Polished nickel	23	0.045
Aluminum foil	100	0.087
Concrete	21	0.63
Roofing paper	20	0.91
Plaster	10-88	0.91
Rough red brick	21	0.93
Asbestos paper	38-371	0.93-0.945
Smooth glass	22	0.937
Water	0-100	0.95-0.963
Blackbody		1.00

2.3.1.2 การทำงานของกล้องถ่ายภาพความร้อน (กล้องอินฟราเรด) [6]

กล้องอินฟราเรดจะมองไม่เห็นภาพจริง แต่มันจะจับพลังงานรังสีอินฟราเรด โดยพลังงานของรังสีอินฟราเรดจะแผ่จากวัตถุส่งผ่านเลนส์ ของกล้องถ่ายภาพความร้อน และจะถูกโฟกัสโดยเลนส์ไปยังตัวตรวจจับ โดยเซนเซอร์จะทำการแปลงรังสีอินฟราเรด ให้อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้า และหลังจากนั้นอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ จะทำการแปลงข้อมูล ที่รับมาจากตัวตรวจจับ แสดงผลบนจอภาพได้ ซึ่งวัตถุที่ร้อนกว่าจะแสดงสีสว่าง และวัตถุที่เย็นกว่าจะแสดงสีมืดกว่า เนื่องจากพลังงานความร้อนจะสะท้อน (Reflected) พื้นผิวที่แวววาว จึงทำให้กล้องถ่ายภาพความร้อนเกิดข้อจำกัดไม่สามารถมองผ่านแก้วได้

2.3.2 เลือดและส่วนประกอบของเลือด [11]

เลือดมีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเม็ดเลือดรวมทั้งเกร็ดเลือด (Formed elements) และส่วนที่เป็นของเหลว ที่เรียกพลาสมา (Plasma) ส่วนของเม็ดเลือดนั้นองค์ประกอบหลักได้แก่ เม็ดเลือดแดง (Red blood cells; Erythrocytes) เม็ดเลือดขาว (White blood cells; Leukocytes) และเกร็ดเลือด (Platelets) หากนำเอาเลือดจากคนปกติมาปั่นในหลอดทดลองจะพบว่าส่วนของเม็ดเลือดนั้นจะจมอยู่ที่ส่วนล่างของหลอดทดลอง โดยที่ส่วนที่เป็นของเหลวจะอยู่ด้านบนของหลอด สัดส่วนปริมาตรของเม็ดเลือดแดง ที่อัดแน่นกันอยู่ต่อปริมาตรทั้งหมดเรียกฮีมา

โตคริต (Hematocrit) มักมีค่าประมาณ 40-45% ของปริมาตร เลือดทั้งหมด หมายความว่าใน ปริมาตรเลือดทั้งหมด 100% จะมีปริมาตรเม็ดเลือดแดงเท่ากับ 40-45% โดยที่ปริมาตรของเม็ด เลือดขาวจะไม่ค่อยอัดแน่นนักเห็นเป็นชั้นบางๆ สีขาวเรียก Buffy coat อยู่บนชั้นของเม็ดเลือดแดง อีกที ส่วนที่เหลืออีก 55-60% เป็นส่วนของน้ำเลือด (Plasma)

1. เม็ดเลือดแดง

เนื่องจากเม็ดเลือดแดงเป็นเซลล์ที่ไม่มีนิวเคลียสและไม่สามารถแบ่งตัวได้ จึงต้องมีการสร้างขึ้น ทดแทนตลอดเวลาจากไขกระดูก (Bone marrow) ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Erythropoiesis กระบวนการสร้างนี้ถูกกระตุ้นได้ด้วยฮอร์โมนที่เรียกว่า Erythropoietin เม็ดเลือดแดงมีลักษณะ รูปร่างคล้ายแผ่นดิสก์ (Discs) ที่มีด้านเว้าเข้าหากันทั้งสองด้าน (Biconcave) มีความหนาประมาณ 2.4 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 มิลลิเมตร ลักษณะเว้าของผิวเม็ดเลือดแดง ทำให้เพิ่ม พื้นที่ผิวช่วยในกระบวนการแพร่ (Diffusion) ของสารต่างๆ ได้ดี สีแดงของเม็ดเลือดเป็นลักษณะเด่น ของเม็ดเลือดชนิดนี้เกิดจากสีของฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลัก ถึง 95% ของเม็ดเลือดแดง ซึ่งสามารถรวมกับออกซิเจนเพื่อการขนส่งออกซิเจนอย่างมีประสิทธิภาพ ยิ่ง ในผู้ใหญ่ปกติ จะมีเม็ดเลือดแดงอยู่ประมาณ 4.5-6 ล้านเซลล์ ต่อ 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตรของเลือด การที่มีเม็ดเลือดแดงมากเกินไปเรียกว่าภาวะ Polycythemia เป็นผลเสียด้านความหนืดของเลือดและ ลดประสิทธิภาพในการขนส่งสาร การที่มีเม็ดเลือดแดงน้อยเกินไปหรือภาวะเลือดจางเรียก Anemia มักพบว่าเป็นความผิดปกติต่อเนื่องมาจากการขาดฮีโมโกลบิน โรคที่พบบ่อยทางพันธุกรรม โดยเฉพาะในคนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้คือโรคธาลัสซีเมีย (Thalassemia) มีความผิดปกติของการ สร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง มักพบผู้ป่วยมีภาวะซีดร่วมด้วย ซึ่งมีความรุนแรงของโรคหลาย ระดับ

2. เม็ดเลือดขาวและเกร็ดเลือด

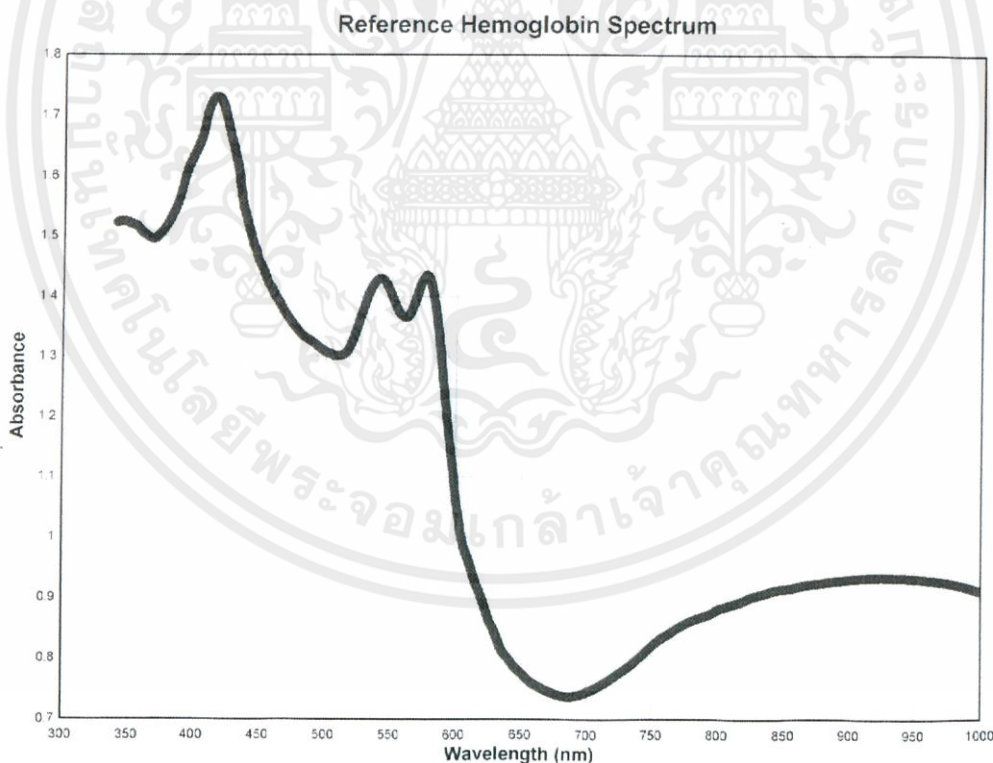
ในคนปกติทั่วไปจะพบว่ามีเม็ดเลือดขาวประมาณ 5,000-10,000 เซลล์ต่อเลือด 1 ลูกบาศก์ มิลลิเมตร ภาวะที่มีเม็ดเลือดขาวมากเกินไปเรียก Leukocytosis ส่วนภาวะที่ตรงกันข้ามคือมีเม็ด เลือดขาวน้อยเกินไป เรียก Leukopenia เม็ดเลือดขาวมีความเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อแบคทีเรีย (Bacterial infection) กระบวนการทางภูมิคุ้มกัน (Immune processes) และกระบวนการต่อต้าน และป้องกันของร่างกาย (Bodily defense) ส่วนเกร็ดเลือดนั้นมีความสำคัญต่อกระบวนการแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้

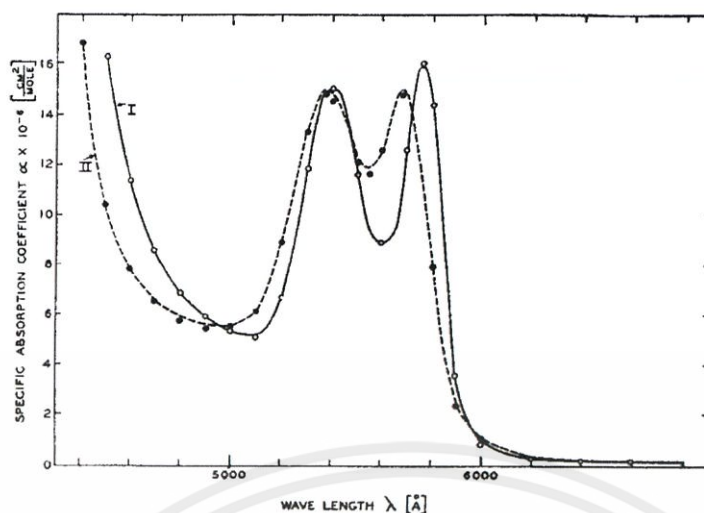
ลูกบาศก์มิลลิเมตร แต่การที่เกร็ดเลือดมีขนาด เล็กมาก (2-3 มิลลิเมตร) ทำให้สัดส่วนปริมาตรของ เกร็ดเลือดมีค่าน้อยมาก

3. น้ำเลือดและองค์ประกอบ (Plasma and Constituents)

น้ำเลือดมีสัดส่วนประมาณ 55% ของปริมาตรทั้งหมดของเลือด เป็นส่วนที่เป็นของเหลวใน เลือด ประกอบไปด้วยสิ่งต่างๆ มากมายได้แก่โปรตีน (Plasma proteins) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก ของสิ่งที่อยู่ในน้ำเลือดที่มีมากที่สุดได้แก่ อัลบูมิน (Albumin) นอกจากนี้ยังมี ไนโตรเจน (Non- proteins nitrogen) เกลือแร่ (Electrolytes) ฮอร์โมน (Hormones) เอนไซม์ (Enzymes) ก๊าซที่ ละลายอยู่ในน้ำเลือด (Blood gas) หากนำเอาเลือดออกมาตั้งทิ้งไว้ปล่อยให้มีการแข็งตัวเกิดขึ้น สาร น้ำที่แยกชั้นออกมาจากก้อนเลือดที่แข็งตัวจะเรียกว่า ซีรัม (Serum) ซึ่งมีส่วนประกอบคล้าย พลาสมา ยกเว้นไม่มี ไฟบริโนเจน (Fibrinogen) และสารที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือดหลาย ชนิด พบว่าซีรัมจะมีค่าซีโรโทนิน (Serotonin) สูงกว่าพลาสมาเนื่องจากการกระตุ้นของเกร็ดเลือด ในระหว่างการเกิดลิ่มเลือด

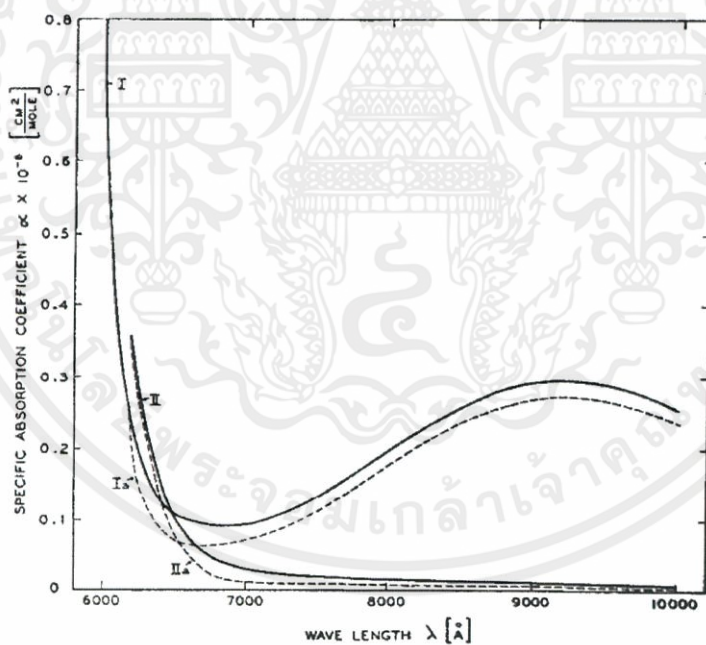


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.7 สเปกตรัมของฮีโมโกลบิน
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ข้อมูลปลงนิตินา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 แกนตั้ง คือ ค่าอัตราการดูดกลืน แกนนอน คือ ความยาวคลื่น



รูปที่ 2.8 สเปกตรัมการดูดกลืนของ HbO_2 และ HbCO ในช่วง Visible Region
แกนตั้ง คือ ค่าอัตราการดูดกลืน แกนนอน คือ ความยาวคลื่น

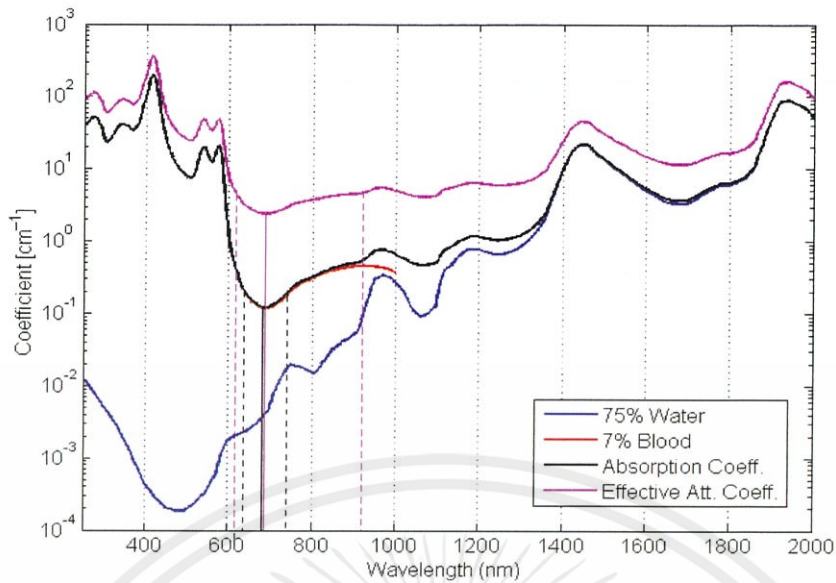
สเปกตรัมการดูดกลืนของ HbO_2 และ HbCO จากกราฟ I และกราฟ II ตามลำดับ แสดงให้เห็นค่าคงที่การดูดกลืนของฮีโมโกลบิน ในช่วง Visible Region



รูปที่ 2.9 สเปกตรัมการดูดกลืนของ HbO_2 และ HbCO ในช่วง Infrared Region
แกนตั้ง คือ ค่าอัตราการดูดกลืน แกนนอน คือ ความยาวคลื่น

สเปกตรัมการดูดกลืนของ HbO_2 และ HbCO จากกราฟ I และกราฟ II ตามลำดับ แสดงให้เห็นค่าคงที่การดูดกลืนของฮีโมโกลบิน ในช่วง Infrared Region

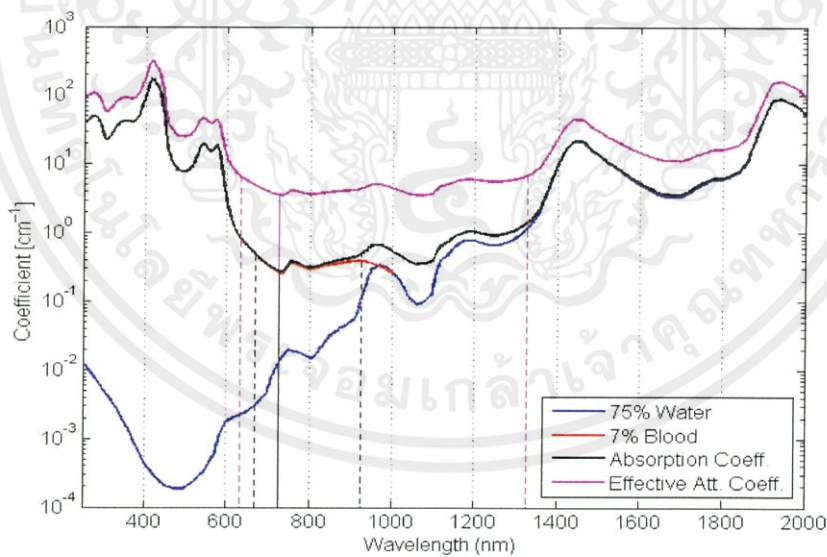
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีผู้ใดนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 สเปกตรัมของหลอดเลือดแดง

แกนตั้ง คือ ค่าอัตราการดูดกลืน แขนงนอน คือ ความยาวคลื่น

สเปกตรัมสำหรับหลอดเลือดแดง ($SaO_2 \approx 98\%$) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ: $\lambda_{min} = 686$ นาโนเมตร; NIR = (634-756) นาโนเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนประสิทธิภาพ: $\lambda_{min} = 690$ นาโนเมตร; NIR = (618-926) นาโนเมตร



รูปที่ 2.11 สเปกตรัมของหลอดเลือดดำ

แกนตั้ง คือ ค่าอัตราการดูดกลืน แขนงนอน คือ ความยาวคลื่น

สเปกตรัมสำหรับหลอดเลือดดำ ($SvO_2 \approx 60\%$) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ: $\lambda_{min} = 730$ นาโนเมตร; NIR = (664-932) นาโนเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนประสิทธิภาพ: $\lambda_{min} = 730$ นาโนเมตร; NIR = (630-1328) นาโนเมตร [13]

2.4 Introduction of Image Processing

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่างๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ [17]

2.4.1 การประมวลผลข้อมูลภาพในที่นี้จำแนกตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

2.4.1.1 การรับภาพและการได้มาของภาพ (Image Sensing and Acquisition)

การรับภาพเป็นการนำเข้าภาพจากเซ็นเซอร์ และแปลงสัญญาณภาพให้เป็นภาพถ่ายดิจิทัล โดยขั้นตอนการแปลงสัญญาณภาพจะมีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) สัญญาณภาพที่ได้รับ จากนั้นนำค่าที่ได้ในแต่ละจุดภาพหรือพิกเซล (Pixel) มาจัดระดับข้อมูล (Quantize) เพื่อแปลงค่าจำนวนจริงที่เป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง ให้เป็นค่าจำนวนเต็ม ซึ่งจำนวนเต็มนี้จะถูกนำมาแปลงเป็นเลขฐานสองด้วยขั้นตอนการแทนเลขไบนารี (Binary Representation) ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างและจัดระดับข้อมูลนี้จะต้องมีการดำเนินการในลักษณะที่ลดความผิดเพี้ยนที่เกิดจากเซ็นเซอร์ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่างๆนั้นสามารถนำไปใช้สร้างภาพได้ แต่การที่จะรับภาพเหล่านั้นจำเป็นจะต้องมีเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมเพื่อตรวจจับสัญญาณตอบสนอง (Image Sensing) ที่ได้รับมาและแปลงให้เป็นภาพสองมิติ หรือที่เรียกว่า "เทคนิคการได้มาของภาพ (Image Acquisition)" รูปแบบของภาพที่เราสนใจนั้นเป็นส่วนผสมระหว่างแหล่งกำเนิดความเข้มแสงและการสะท้อนหรือการดูดซับพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานของสสารที่อยู่ในสถานที่ๆต้องการถ่ายภาพนั้น การถ่ายภาพจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ภาพแพสซีฟ (Passive Image) และภาพแอกทีฟ (Active Image) สำหรับภาพแพสซีฟ เป็นภาพที่ได้จากการใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในสถานที่นั้นแล้ว ส่วนภาพแอกทีฟ เป็นภาพที่ได้จากการใช้แหล่งพลังงานเสมือนคุณภาพของภาพแพสซีฟขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของพลังงาน ส่วนคุณภาพของภาพแอกทีฟนั้นขึ้นอยู่กับความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการได้มาของภาพ เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมการแผ่รังสีของพลังงานนอกเหนือไปจากการใช้อุปกรณ์ในการถ่ายภาพ ตัวอย่างของภาพแอกทีฟ ได้แก่ ภาพที่ใช้ในทางการแพทย์ ภาพที่ได้จากการรับภาพระยะไกล (Remote Sensing) เช่น ภาพดาวเทียม เป็นต้น ในการถ่ายภาพนอกจากจะต้องมีแหล่งกำเนิดพลังงานแล้ว ยังต้องมีอุปกรณ์เพื่อรับสัญญาณที่ตอบสนองจากการสะท้อนหรือดูดซับพลังงาน หรือสัญญาณตอบสนองที่ได้รับให้เป็นความต่างศักย์

ของสัญญาณ ซึ่งค่าความต่างศักย์ของสัญญาณนี้จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อนำไปสร้างเป็นภาพ

2.4.1.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement and Restoration)

การปรับปรุงคุณภาพของภาพเป็นการปรับปรุงหรือซ่อมแซมให้ข้อมูลภาพที่มีอยู่นั้น มีคุณภาพที่ดีขึ้น เช่น ภาพที่ได้มาอาจมีความคมชัดน้อยหรือเบลอ ไม่คมชัด เราสามารถปรับภาพให้คมชัดได้ด้วยเทคนิค เช่น การปรับค่าความคมชัด (Contrast Enhancement) หรือการปรับเน้นเส้นขอบภาพ (Edge Enhancement) หรือในกรณีที่ภาพที่มีอยู่ไม่มีความสมบูรณ์ เช่น มีสัญญาณรบกวน (Noise) เราสามารถใช้เทคนิคการกรองสัญญาณภาพ (Image Filtering) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนได้

2.4.1.3 การบีบอัดภาพ (Image Compression)

เทคนิคการประมวลผลภาพในเทคนิคของการบีบอัดเป็นหัวใจสำคัญในการจัดการข้อมูลภาพเพื่อการรับส่งและการจัดเก็บข้อมูลภาพ เนื่องจากข้อมูลภาพนั้นมีขนาดใหญ่มากโดยเฉพาะภาพสี การจัดเก็บหรือการรับส่งข้อมูลขนาดใหญ่จะเสียเวลามาก ดังนั้นเพื่อการจัดเก็บและการรับส่งข้อมูลภาพให้มีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น จึงทำการบีบอัดข้อมูลภาพก่อนเพื่อให้ขนาดของข้อมูลภาพเล็กลง ตัวอย่างการบีบอัดข้อมูลภาพ เช่น JPEG หรือ GIF และตัวอย่างการบีบอัดไฟล์วิดีโอ เช่น MPEG หรือ AVI เป็นต้น

2.4.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพ (Image Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพเป็นการวัดหรือวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงปริมาณ เพื่อสร้างคำจำกัดความให้กับภาพแล้วนำไปใช้งาน ตัวอย่างเช่น การนำภาพถ่ายของเซลล์เม็ดเลือดมาวิเคราะห์หาขนาดและมุมเอียงแล้วนำข้อมูลที่ได้ไปตรวจสอบความผิดปกติของเม็ดเลือดในผู้ป่วย หรือ การนำภาพถ่ายมาวิเคราะห์เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น ควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนย้ายวัตถุที่มีลักษณะตามที่กำหนด ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจำเป็นต้องมีการแยกแยะคุณลักษณะของวัตถุต่างๆในภาพเพื่อช่วยระบุชนิดของวัตถุนั้น นอกจากนี้ยังต้องมีการแยกส่วนวัตถุ (Segmentation) ที่สนใจออกมาจากรูปภาพหรือฉากนั้นๆ เพื่อหาคุณลักษณะของวัตถุที่ต้องการ [3]

เอกสารนี้เป็น 2.4.2 ภาพดิจิทัล(Digital Image) สำหรับการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ถือว่าห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งในรูปแบบการพิมพ์หรือการนำข้อมูลไปใช้

เป็นการแสดงผลภาพในลักษณะสองมิติในหน่วยที่เรียกว่าพิกเซล ภาพดิจิทัลสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ $f(x, y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพ และแอมพลิจูดของ f ที่

พิกัด (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 จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

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

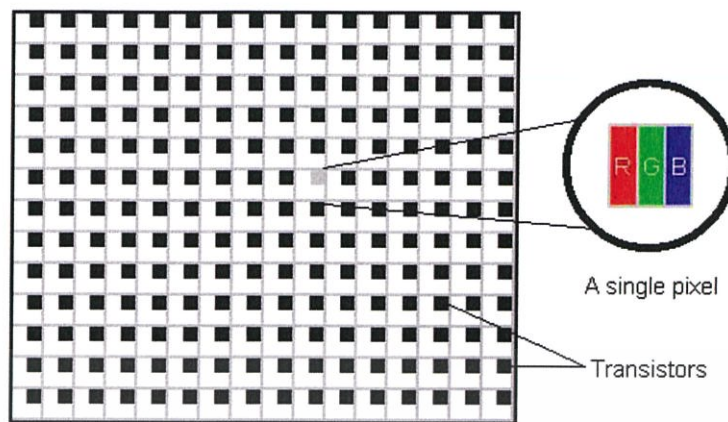
รูปที่ 2.12 ฟังก์ชันสองมิติ $f(x,y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพ

ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมทริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล (Pixel) โดยตำแหน่ง $(0,0)$ จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุด และจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่างการเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพ ดิจิทัลลงหน่วยความจำในลักษณะเส้นจุด (Raster) นี้จะเรียกภาพบิตแมป (Bit-map image) หรือภาพแรสเตอร์ (Raster image) แต่ภาพที่จัดเก็บในลักษณะนี้จะมีขนาดใหญ่จึงมีการบีบอัดภาพ (Image compression) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลง

การสร้างภาพดิจิทัลสามารถสร้างได้จากอุปกรณ์รับภาพเช่น กล้องดิจิทัล (Digital cameras) เครื่องกราดภาพ (Scanners) เป็นต้น ภาพดิจิทัลยังสามารถสร้างโดยการสังเคราะห์จากสิ่งที่ไม่ใช่ข้อมูลภาพเช่น ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ หรือ แบบจำลองเรขาคณิตแบบสามมิติซึ่งการสร้างภาพลักษณะนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ (Computer graphics)

ภาพดิจิทัล Digital Images เป็นการจับภาพจากสิ่งแวดล้อม หรือทำสำเนาภาพจากเอกสารให้อยู่ในรูปแบบของอิเล็กทรอนิกส์ เช่น รูปถ่าย เอกสารที่เขียนด้วยมือ เอกสารพิมพ์ และพิมพ์เขียว เป็นต้น โดย Digital images จะอยู่ในรูปของแผ่นตารางโดยแต่ละช่องจะเป็นส่วนหนึ่งของภาพหรืออักษร เรียกแต่ละจุดหรือช่องนั้นว่า "Pixel" แต่ละ Pixel จะถูกกำหนดให้มีระดับของความเข้ม (สีดำ สีขาว สีเทาหรือสีอื่นๆ) ซึ่งแสดงให้อยู่ในรูปของ รหัส Binary (0 และ 1) แต่ละ Pixel ก็แทนด้วย Binary digital ("Bits") จะถูกเก็บเป็นลำดับใน Computer และโดยทั่วไปจะถูกลดขนาดลงด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ (บีบอัดให้เล็กลง) แต่ละ Bit จะถูกแปลและอ่านโดย Computer ให้เป็นแบบ Analog ซึ่งเป็นรูปภาพ หรือ แผ่นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ตารางพิกเซลของภาพดิจิทัล

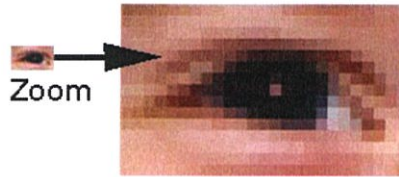
Resolution เป็นความสามารถในการปรับระยะการแสดงความละเอียดของภาพ Digital ระยะห่างของความถี่ในการแสดงภาพ (ความถี่ในการทำ Sampling) จะถูกระบุในรูปของ Resolution ซึ่งหมายถึง dot per inch (dpi) หรือ pixels per inch (ppi) เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียกหรือบ่งบอกว่ามีการแสดงภาพอยู่ที่ระดับ Resolution ที่เท่าไร แต่อยู่ในขอบเขตจำกัด การเพิ่มความถี่ในการ Sampling ก็เป็นการเพิ่ม Resolution ด้วยเช่นกัน

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

รูปที่ 2.14 ภาพแบบ 2 สี แสดงให้เห็นแต่ละ Pixel ถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0 แสดงเป็นสีดำ และ 1 แสดงเป็นสีขาว

Pixel Dimension เป็นการวัดขนาดทั้งในทางแนวนอนและแนวตั้งของภาพที่ปรากฏ เป็น Pixel ซึ่งบางครั้งอาจจะถูกกำหนดในรูปของความกว้างและความสูงโดยบอกเป็น dpi สำหรับกล้อง Digital ก็มี Pixel Dimension เหมือนกัน การระบุจำนวน Pixel แนวตั้งและแนวนอนเสมือนเป็นการระบุ Resolution ด้วย (เช่น 2,048 x 3,072) การคำนวณ dpi ทำโดยการแบ่งขนาดของเอกสารเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 Pixel: สามารถที่จะมองเห็นแต่ละ Pixel ได้โดยการขยายภาพที่เป็น Digital



รูปที่ 2.16 เอกสาร 8" x 10" ถูกเก็บความละเอียดที่ 300 dpi

ความหมายคือ pixel dimension เป็น 2400 pixel (8" x 300dpi) ต่อ 3000 pixel (10" x 300 dpi)

2.4.2.1 Bit Depth

คือ การกำหนดตัวเลขจำนวนของ Bit ที่ใช้ระบุแต่ละ Pixel ค่า Bit ยิ่งมาก ก็จะมี ความล้าดับชั้นสีมากเช่นกัน ในการใช้แสดงภาพ Digital image อาจจะสามารถได้ทั้ง ขาว ดำ หรือไล่เฉด สีหรือสีอื่นๆ

2.4.2.2 Bitonal image

อยู่ในรูป Pixel ที่แต่ละ Pixel จะมี 1 Bit ซึ่งแสดงได้ 2 ระดับสี คือ ขาวและดำ โดย ค่า 0 จะเป็นสีดำ และ 1 จะเป็นสีขาว หรืออาจจะตรงกันข้าม

2.4.2.3 Grayscale image

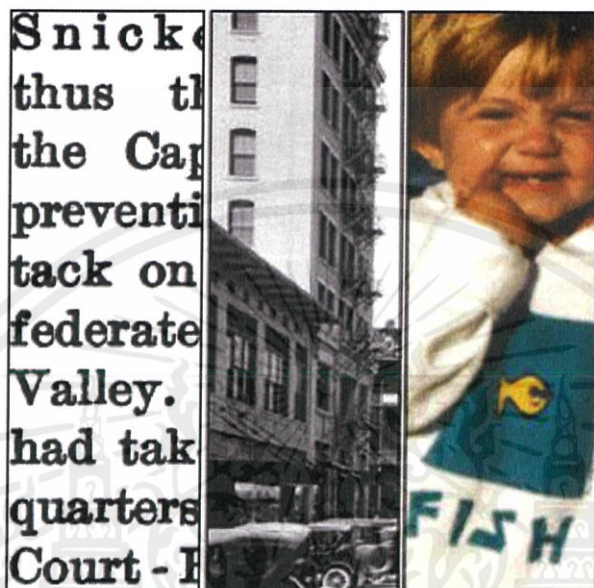
เป็นการเรียงของ Pixel ที่ใช้ข้อมูลแบบ Multiple bits อยู่ในช่วงระหว่าง 2- 8 Bit หรือมากกว่านั้น ตัวอย่าง 2-Bit image จะมีได้ 4 รูปแบบสี คือ 00 01 10 และ 11 ถ้า 00 คือสีดำ และ 11 คือสีขาว แต่ 01 คือดำเทา และ 10 คือเทาสว่าง Bit depth คือ 2 แต่จำนวน Tone จะเป็น ค่า 2^2 หรือ 4 ที่ 8 Bit = $(2^8) = 256$ Tone ที่ต่างกันเป็นตัวกำหนดค่า Pixel

2.4.2.4 Color image

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น แบบทั่วไปนั้นจะมีค่า Bit depth อยู่ในช่วง 8 – 24 Bit หรือมากกว่า ภาพที่มี 24

Bit นั้นคือ Bit จะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม 8 สำหรับสีแดง 8 สำหรับสีเขียว 8 สำหรับสีน้ำเงิน สี

ทั้งหมดจะถูกรวมกันเพื่อแสดงสีอื่นๆ 24-Bit image สามารถแสดงค่าสีได้ถึง 16.7 ล้านสี (224) สำหรับ Scanner นั้นได้เพิ่ม จำนวน Bit ในการจับภาพเอกสารเป็น 10 Bit หรือมากกว่านั้น เพราะบ่อยครั้งหลังจากจับภาพเอกสารที่ 8 bit จะมี Noise รวมเข้าไปด้วย และเพื่อให้ภาพที่ออกนั้นมีความเหมือนใกล้เคียงกับที่มนุษย์ต้องการ



รูปที่ 2.17 Bit Depth: จากซ้ายไปขวา 1-Bit 2สี 8-Bit Grayscale และ ภาพสีแบบ 24-Bit

การคำนวณเลข Binary เพื่อให้ทราบจำนวนของสีที่แสดงในรูป Bit depth

1 Bit (2 ¹)	= 2 สี
2 Bits (2 ²)	= 4 สี
3 Bits (2 ³)	= 8 สี
4 Bits (2 ⁴)	= 16 สี
8 Bits (2 ⁸)	= 256 สี
16 Bits (2 ¹⁶)	= 65,536 สี
24 Bits (2 ²⁴)	= 16.7 ล้าน สี

2.4.2.5 Dynamic Range

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
คือช่วงระหว่างความต่างของสีที่สว่างที่สุดและมืดที่สุดของภาพ ถ้ามีค่า Dynamic Range สูง ก็จะทำให้ภาพที่ได้มานั้นมีความคมชัดสูง แม้ว่า Dynamic range จะไม่เกี่ยวข้องกับ

จำนวนของสีเลยก็ตาม Dynamic Range นั้นยังอธิบายความสามารถของระบบ Digital ว่าระบบนั้นมีความสามารถที่จะแสดงให้เห็นถึงสีที่ประกอบกันอยู่ ด้วยความสามารถนี้ก็เป็นส่วนสำคัญสำหรับเอกสารที่จะต้องใช้การแสดงผลลำดับชั้นสีที่ต่างกัน และสำหรับภาพนั้นก็อาจสำคัญอันดับแรกในเรื่องของคุณภาพที่ต้องการ



รูปที่ 2.18 Dynamic range: ภาพที่อยู่ด้านบนนั้นมี Dynamic range กว้างแต่จำกัดจำนวนการแสดงผลของสี ส่วนภาพล่าง มี Dynamic range ที่แคบ แต่มีจำนวนของสีที่มากกว่า

2.4.2.6 File size

จะถูกคำนวณได้จาก การคูณกันของพื้นผิวของเอกสาร (สูง x กว้าง) ที่ถูกเลือก คูณกับ Bit depth และ dpi² เนื่องจาก ขนาดของ File ภาพนั้นจะต้องถูกแสดงในรูปของ Byte ที่ซึ่งก็คือ 8 bits ดังนั้นจึงต้องหารด้วย 8

สูตร 1 สำหรับคำนวณหาขนาด File

$$\text{ขนาด File} = (\text{height} \times \text{width} \times \text{bit depth} \times \text{dpi}^2) / 8$$

ตัวอย่างเช่น ภาพที่ได้มาจากกล้อง Digital มีขนาด 24 bit โดยมีจำนวน pixel dimension 2,048 x 3,072 ดังนั้นขนาด file จะเท่ากับ $(2,048 \times 3,072 \times 24) / 8$ หรือมีค่าเท่ากับ 18,874,368 byte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร 2 สำหรับคำนวณหาขนาด File

$$\text{ขนาด File} = (\text{pixel dimensions} \times \text{bit depth}) / 8$$

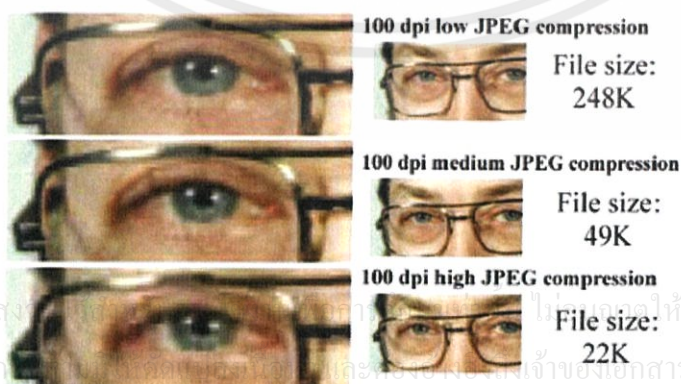
File size naming convention: ด้วยเหตุที่ว่า File ภาพ Digital ส่วนมากมีขนาดใหญ่มาก จำนวน Byte จึงเป็นหน่วยที่ถูกนำมาใช้เพื่อแสดงจำนวนค่า ที่เพิ่มตั้งแต่ 210 ขึ้นไป

1 Kilobyte (KB)	= 1,024	bytes
1 Megabyte (MB)	= 1,024	KB
1 Gigabyte (GB)	= 1,024	MB
1 Terabyte (TB)	= 1,024	GB

2.4.2.7 Compression

ถูกใช้ในการลดขนาด File เพื่อใช้เก็บ ประมวลผล และ ส่งข้อมูล ขนาด File สำหรับภาพ Digital มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งสิ้นเปลืองในการคำนวณของระบบคอมพิวเตอร์และส่งผลให้ลดความสามารถของระบบ Network ในขณะส่งถ่าย File การบีบอัดโดยการย่อ Code binary ก็เป็นทางเลือกหนึ่ง แต่การบีบอัดข้อมูลนั้นควรใช้รูปแบบที่เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด ไม่ควรใช้รูปแบบที่เฉพาะที่ไม่ได้มาตรฐาน เพราะเมื่อนานไป File ที่ถูก บีบอัดแบบไม่ได้มาตรฐานจะเกิดปัญหาการสูญเสียคุณภาพหลังจากทำการแตก File ออกมาใช้งาน

การบีบ File นั้นจะต้องเน้นเรื่องการสูญเสียของคุณภาพ File ให้น้อยที่สุด เช่น มาตรฐาน ITU-T.6 นั้นเป็นการบีบอัดโดยการย่อ Code binary โดยไม่มีการสูญเสียหรือตัดทิ้งส่วนใดๆเลย ดังนั้นเมื่อทำการแตก File จะได้จำนวน Bit ที่ยังคงเหมือนต้นฉบับทุกประการ ตัวอย่าง ชนิดของการบีบอัดที่รู้จักกันดี คือ JPEG เป็นมาตรฐานการบีบอัดหนึ่งที่มีการตัดลดบางส่วนที่มีความสำคัญน้อยและเหลือส่วนที่ยอมรับได้ นั่นก็หมายความว่าภาพที่ออกมานั้นยากที่จะจับผิด



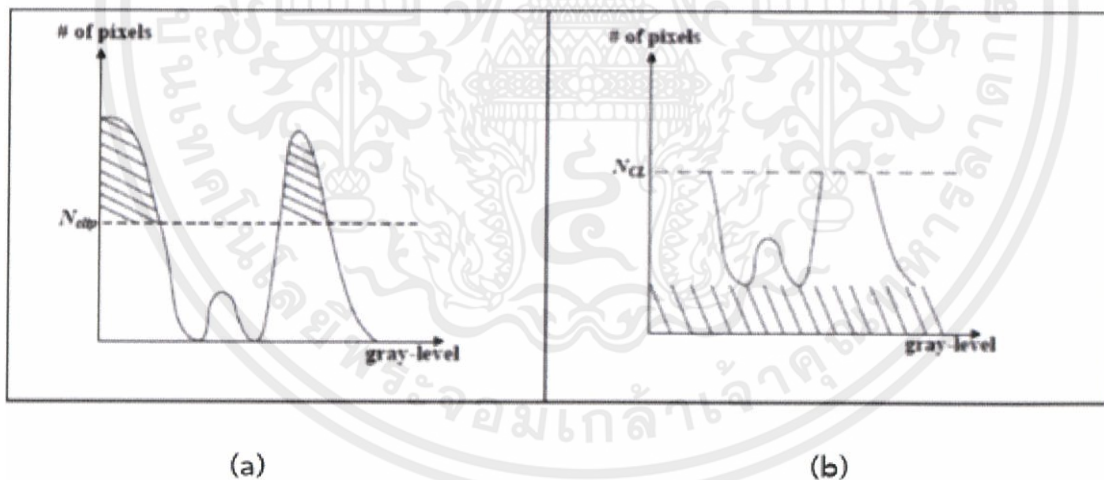
รูปที่ 2.19 ภาพตัวอย่างมีการบีบอัดที่ต่างกัน เมื่อขยายภาพ (ด้านซ้าย)

2.4.2.8 File Format

ประกอบด้วยจำนวน Bit ของภาพ และ ส่วนที่เป็นตัวระบุว่าจะให้ทราบว่าจะอ่านและแปลงจาก File ได้อย่างไร File format จะเปลี่ยนไปตาม Resolution, Bit-depth, จำนวนสี, และลักษณะการบีบอัด [15]

2.5 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) [4]

การเพิ่มคุณภาพของภาพด้วย Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization หรือ (CLAHE) เป็นการเพิ่มคุณภาพของภาพที่ได้รับการพัฒนาจาก Adaptive Histogram Equalization (AHE) โดย S.M. Pizer ซึ่งวิธีดังกล่าวได้พิจารณาถึงรายละเอียดข้อมูลจาก AHE ในแต่ละค่าพิกเซลบนบริเวณพื้นที่ส่วนกลางของฮิสโตแกรมต้นฉบับ โดยค่าฮิสโตแกรมที่มีระดับสูงกว่าค่าเฉลี่ยพิกเซล (Pixel) ในภาพ Gray จะถูกนำมากระจายให้กับทุกพิกเซลในภาพ Gray scale โดยค่าที่นำมากระจายจะเป็นค่า Histogram ที่มีระดับสูงกว่าค่าเฉลี่ยพิกเซลในระดับ Gray ซึ่งแทนด้วยตัวแปร N_{clip} ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 (a) ค่าฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ (b) ค่าฮิสโตแกรมที่ถูกตัด

โดยสามารถกำหนดระดับความหนาแน่นของค่าพิกเซลได้ จากวิธีการดังกล่าวสามารถแสดงดังสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใช้ข้อมูลอันเป็นลิขสิทธิ์ของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N_{aver} = \frac{N_{CR-xp} \times N_{CR-yp}}{N_{gray}}$$

(2.1)

โดยที่ N_{aver} คือ ค่าเฉลี่ยพิกเซล

N_{gray} คือ หมายเลขของค่า gray scale ในแต่ละพื้นที่

N_{CR-Xp} คือ หมายเลขของพิกเซลใน x มิติในแต่ละพื้นที่นั้นๆ

N_{CR-Yp} คือ หมายเลขใน y มิติของพื้นที่นั้นๆ

โดยที่ N_{CL} สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.2

$$N_{CL} = N_{clip} \times N_{aver} \quad (2.2)$$

โดยที่ N_{CL} คือค่าระดับการตัดจริง

N_{clip} คือค่าสูงสุดต่างๆในระดับ gray scale ของค่าเฉลี่ยพิกเซลในค่าระดับ gray ตามลักษณะพื้นที่นั้นๆ โดยค่า Histogram จากภาพต้นฉบับแสดงในรูปที่ 2.20 เมื่อหมายเลขของพิกเซลมีค่ามากกว่า N_{clip} พิกเซลนั้นจะถูกตัดออกจากค่าพิกเซลจะถูกกระจายไปยังทุกพิกเซลในระดับ gray ดังสมการที่ 2.3

$$N_{acp} = \frac{N_{\Sigma clip}}{N_{gray}} \quad (2.3)$$

โดยที่ N_{acp} คือ อัตราส่วนระหว่างผลรวมของ Histogram ต่อค่าสี่ระดับเทาจากพื้นฐานของสมการข้างต้น สามารถคำนวณค่าระดับของ Histogram ในแต่ละพื้นที่จากกฎดังสมการที่ 2.4

$$\begin{aligned} & \text{If } H_{CR}(i) > N_{CL}, H_{NCR}(i) = N_{CL}; \\ & \text{Else if } H_{CR}(i) + N_{acp} \geq N_{CL}, H_{NCR}(i) = N_{CL} \\ & \text{Else } H_{NCR}(i) = H_{CR}(i) + N_{acp} \end{aligned} \quad (2.4)$$

โดยที่ $H_{CR}(i)$ คือหมายเลขของแต่ละพิกเซลในระดับ gray ของพื้นที่นั้นๆ i คือหมายเลขของค่าในระดับ gray หลังจากกระจายค่า Histogram ใหม่ให้กับทุกพิกเซลในระดับ gray ดังสมการที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

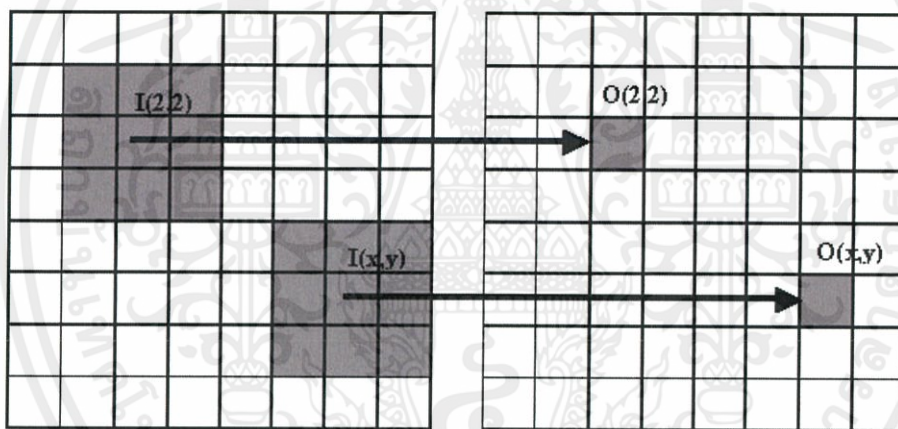
$$S = \frac{N_{gray}}{N_{LP}} \quad (2.5)$$

โดยที่ S คือ ค่า Histogram ใหม่ที่กระจายไปทุกพิกเซล

NLP คือ ค่าพิกเซลที่ตัดมาเพื่อใช้คำนวณค่าใหม่

2.6 การประมวลผลภาพแบบบริเวณ (Local Image Processing)

สำหรับกระบวนการกระทำกรกับภาพแบบบริเวณนี้ ค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซล (Pixel) ในแต่ละจุดในภาพผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเข้มเทาของกลุ่มพิกเซลบริเวณข้างเคียงกัน (Neighborhood Pixels) ของภาพต้นฉบับ รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะการกระทำกรกับภาพเฉพาะบริเวณ ตัวอย่างของการประมวลผลภาพทางดิจิทัลแบบนี้ ได้แก่ การกรองสัญญาณภาพในสเปเชียลโดเมน (Spatial Domain Filtering) หรือที่นิยมเรียกว่าการคอนโวลูชัน (Convolution) [3]



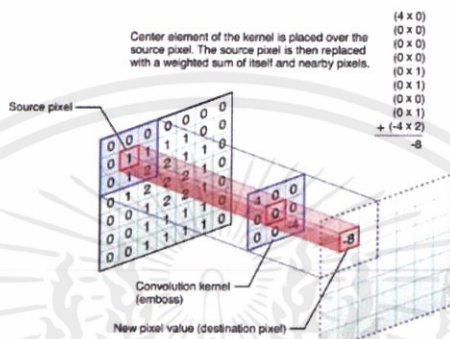
รูปที่ 2.21 การประมวลผลภาพเฉพาะบริเวณ [7]

2.6.1 การคอนโวลูชัน (Convolution) [5]

วิธีการกรองข้อมูลภาพที่กล่าวมาส่วนใหญ่อาศัยหลักการหาค่าเฉลี่ย โดยอาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยของจุดเดียวกันจากภาพหลายๆภาพ หรืออาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยจากจุดต่างๆที่อยู่รอบๆจุดที่เราสนใจ เนื่องจากการหาค่าเฉลี่ยเป็นการลดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล วิธีการที่ผ่านมาจึงใช้ได้ดีกับการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นสัญญาณความถี่สูง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการกรองสัญญาณมีวัตถุประสงค์เพื่อนำคุณสมบัติบางอย่างที่ต้องการในภาพให้เด่นชัดขึ้นในขณะที่ลดทอนคุณสมบัติที่ไม่ต้องการลง หากเราต้องการเน้นการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของจุดต่างๆภายในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในที่นี้จะเสมือนกับการกรองสัญญาณความถี่สูงผ่านเราจะไม่สามารถใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย

ได้ วิธีที่สามารถนำมาใช้ได้คือการคอนโวลูชัน การคอนโวลูชันคือการกระทำกันระหว่างเทมเพลต (Template) กับภาพ (image)

เทมเพลต หรืออาจแทนด้วยมาสก์ (Mask) หน้าต่าง (Window) หรือเคอร์เนล (Kernel) คือเมตริกซ์ขนาด $n \times m$ ของชุดตัวเลขที่จะนำไปซ้อนทับภาพที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อหาผลลัพธ์ของการคอนโวลูชัน ถ้ากำหนดให้เทมเพลต $T(x,y)$ เป็นเทมเพลตขนาด $n \times m$ และภาพ $I(X,Y)$ มีขนาด $N \times M$ การคอนโวลูชันระหว่างเทมเพลตกับภาพสามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.22 การคอนโวลูชันระหว่างภาพกับเทมเพลต [16]

$$I'(X,Y) = T * I = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} T(i,j) \cdot I(X-i,Y-j) \tag{2.6}$$

โดย $I'(X,Y)$ คือภาพผลลัพธ์จากการคอนโวลูชัน

จากสมการที่ 2.6 จะเห็นว่าระดับความเข้มแสง ณ จุด (X,Y) ในภาพผลลัพธ์ได้จากการหาผลรวมของผลคูณของระหว่างค่าในเทมเพลตกับค่าระดับความเข้มแสงของภาพในบริเวณที่เทมเพลตซ้อนทับอยู่ จากสมการ ตัวชี้ตำแหน่งจุดในภาพ $(X-i,Y-j)$ แสดงให้เห็นว่ามีการพลิกเทมเพลตทางแกนนอน และแกนตั้ง

ขั้นตอนของการคอนโวลูชันประกอบด้วย การเลื่อน บวก และคูณ เราสามารถใช้การคอนโวลูชันในการประมวลผลภาพได้ในหลายลักษณะ เช่น กรองสัญญาณภาพ การหาขอบภาพ (Edge detection) หรือการหารูปร่างของวัตถุในภาพ เป็นต้น

โดยทั่วไปในการคอนโวลูชันเราจะไม่ยอมให้มีการเลื่อนเทมเพลตออกนอกของเขตของภาพ ดังนั้นถ้าเทมเพลตมีขนาดใหญ่กว่า 1×1 ภาพผลลัพธ์จะมีขนาดเล็กกว่าภาพเริ่มต้นเสมอ ตัวอย่างเช่น การคอนโวลูชันระหว่างภาพขนาด 4×5 กับ เทมเพลตขนาด 2×2 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเราใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทมเพลต	ภาพเริ่มต้น	ภาพผลลัพธ์
	1 1 3 3 4	2 5 7 6 *
1 0	1 1 4 4 3	2 4 7 7 *
0 1 *	2 1 3 3 3	3 2 7 7 *
	1 1 1 4 4	* * * * *

รูปที่ 2.23 การคอนโวลูชันระหว่างภาพขนาด 4×5 กับ เทมเพลตขนาด 2×2

จะให้ภาพผลลัพธ์ที่มีขนาด 3×4 จากตัวอย่างข้างต้น ค่าความเข้มสี 3 ในภาพผลลัพธ์ได้จากการหาผลรวมของผลคูณระหว่างเทมเพลตกับภาพในบริเวณที่แรเงา ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(1 \times 2) + (0 \times 1) + (0 \times 1) + (1 \times 1) = 3$

จากตัวอย่างพบว่าจุดมุมบนซ้ายของเทมเพลตคือจุดอ้างอิงในการกำหนดจุดในภาพผลลัพธ์ ในความเป็นจริงแล้ว เราสามารถเลือกจุดใดๆ ในเทมเพลตให้เป็นจุดอ้างอิงก็ได้ การเลือกเอาจุดกึ่งกลางของเทมเพลตที่มีความกว้างและสูงเป็นจำนวนคี่ (เช่น เทมเพลตขนาด 3×3 3×5 5×5 และ 7×7 เป็นต้น) เป็นจุดอ้างอิงนับว่ามีความเหมาะสมยิ่ง อย่างไรก็ตาม ในแง่ของการเขียนโปรแกรมแล้ว การใช้จุดมุมเป็นจุดอ้างอิงจะลดความซับซ้อนในการเขียนโปรแกรมลง เนื่องจากไม่มีปัญหาสำหรับการคอนโวลูชันโดยใช้เทมเพลตที่มีขนาดไม่คงที่

การคอนโวลูชันที่ไม่ยอมให้เทมเพลตเลื่อนออกนอกบริเวณขอบภาพเรียกว่าการคอนโวลูชันแบบไม่เป็นรายคาบ (aperiodic convolution) วิธีการนี้จะได้ภาพที่มีขนาดเล็กลงหากต้องการคงขนาดภาพไว้ จะต้องใช้การคอนโวลูชันแบบเป็นรายคาบ (periodic convolution) การคอนโวลูชันแบบนี้เปรียบเสมือนการม้วนภาพให้ขอบซ้ายมาชนกับขอบขวา และม้วนให้ขอบบนมาชนกับขอบล่าง เมื่อเทมเพลตเลื่อนตกขอบข้างใดข้างหนึ่งๆ ส่วนของเทมเพลตที่เลยขอบก็จะไปทับกับขอบภาพอีกด้านหนึ่ง

วิธีการอย่างง่ายที่ทำให้ภาพผลลัพธ์มีขนาดเท่ากับภาพเริ่มต้นคือการเติมค่าศูนย์บริเวณรอบๆ ภาพเริ่มต้น เพื่อให้ภาพเริ่มต้นมีขนาดใหญ่ขึ้น หลังจากการคอนโวลูชันจะได้ภาพผลลัพธ์ที่มีขนาดเท่ากับภาพเริ่มต้นก่อนมีการชดเชย รูปที่ 2.24 แสดงการคอนโวลูชันที่มีการเติมค่าศูนย์ให้กับ

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพเริ่มต้น	ภาพเริ่มต้นหลังจาก เติมศูนย์	เทมเพลต	ภาพผลลัพธ์
	0 0 0 0 0		
1 2 3	0 1 2 3 0	1 0 0	6 8 3
4 5 6	0 4 5 6 0	* 0 1 0	= 12 15 8
7 8 9	0 7 8 9 0	0 0 1	7 12 14
	0 0 0 0 0		

รูปที่ 2.24 ผลของการเติมค่าศูนย์รอบภาพเริ่มต้นก่อนทำการคอนโวลูชัน

แม้เป็นกระบวนการประมวลผลภาพที่ง่าย แต่การคอนโวลูชันต้องใช้เวลาในการคำนวณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคอนโวลูชันระหว่างภาพและเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ หากภาพมีขนาด $M \times M$ และเทมเพลตมีขนาด $n \times n$ จะต้องมีการคูณถึง $M^2 n^2$ ครั้ง ถ้า $M=512$ และ $n=16$ จะต้องมีการคูณประมาณ 32 ล้านครั้ง การคำนวณที่มากขนาดนี้ทำให้ไม่สามารถประมวลผลภาพเคลื่อนไหวในเวลาจริง (real-time) ได้ เว้นแต่จะมีฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบมาเฉพาะ สำหรับภาพและเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ ($M \geq 512$ และ $N \geq 32$) การแปลงภาพและเทมเพลตให้อยู่ในรูปของข้อมูลในโดเมนความถี่ (frequency domain) จะช่วยลดการคำนวณลงได้อย่างมาก จากตัวอย่างข้างต้น การคอนโวลูชันในโดเมนความถี่จะลดจำนวนครั้งของการคูณลงเหลือเพียง 256,000 ครั้งเท่านั้น

2.6.1.1 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่ต่ำผ่าน

เทมเพลตขนาด 3×3 ต่อไปนี้สามารถใช้เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของค่าความเข้มแสงในภาพ

1	1	1
1	1	1
1	1	1

รูปที่ 2.25 เทมเพลตขนาด 3×3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการคอนโวลูชันกับเทมเพลตนี้จะเหมือนกับการหาผลรวมของจุดภาพทั้ง 9 จุดที่เทมเพลตซ้อนทับอยู่ การเปลี่ยนแปลงใดๆ ในบริเวณดังกล่าวจะถูกเฉลี่ยให้มีความราบเรียบ ผลที่ได้คือสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลง (เช่นสัญญาณรบกวนความถี่สูง) จะถูกลดทอน ภาพที่ได้จะมีความคมลดลง คุณสมบัติเช่นนี้เปรียบได้กับการกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน

เทมเพลตการกรองความถี่ต่ำผ่านที่นิยมใช้อีกแบบหนึ่งคือ

1	3	1
3	16	3
1	3	1

รูปที่ 2.26 เทมเพลตแบบเน้นความสำคัญของจุดที่อยู่ตรงกลางเทมเพลต

เทมเพลตนี้จะเน้นความสำคัญของจุดที่อยู่ตรงกลางเทมเพลตเป็นพิเศษ โดยจะให้จุดกลางมีน้ำหนัก 50% ของทั้งหมด และให้น้ำหนักรวมของจุดทั้ง 4 ที่อยู่ด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้าย และด้านขวาของจุดกลางมีค่าเท่ากับ 40% ส่วนจุดมุมทั้ง 4 มีน้ำหนักเพียง 10% โดยจุดที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางจะมีน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ห่างออกไป

2.6.1.2 เทมเพลตสำหรับการกรองความถี่สูงผ่าน

สัญญาณความถี่สูงคือสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าไปมาอย่างรวดเร็ว ต่างกับสัญญาณความถี่ต่ำ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ หรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย การกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter) ก็คือการกรองสัญญาณที่เพิ่มความแรงของสัญญาณที่มีความถี่สูงและลดความแรงของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ เทมเพลตต่อไปนี้ใช้สำหรับการกรองความถี่สูงผ่าน

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

รูปที่ 2.27 เทมเพลตสำหรับการกรองความถี่สูงผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าผลรวมของทุกค่าในเทมเพลตมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายความว่า ถ้าวางเทมเพลตนี้ลงบนบริเวณของภาพที่มีค่าความเข้มแสงคงที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ อย่างไรก็ตาม ถ้าค่าที่บริเวณตรงกลางแตกต่างกับค่ารอบๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าความแตกต่างยิ่งขึ้น

ภาพ	หลังจากการกรองความถี่สูงผ่าน	หลังจากการกรองความถี่ต่ำผ่าน
0 0 0 0 0		
0 1 1 1 0	2 1 2	4 6 4
0 1 1 1 0	1 0 1	6 9 6
0 1 1 1 0	1 0 1	6 9 6
0 1 1 1 0	1 -5 1	11 14 11
0 1 6 1 0	-4 20 -4	11 14 11
0 1 1 1 0	2 -4 2	9 11 9
0 0 0 0 0		

รูปที่ 2.28 การกรองภาพด้วยเทมเพลต

จากรูปที่ 2.28 จะเห็นว่าหลังการกรองความถี่สูงผ่านขอบภาพจะเด่นชัด ส่วนที่เป็นค่าคงที่จะกลายเป็นศูนย์ และส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก 1 เป็น 6 ถูกขยายเป็นจาก -4 ไป 20 สำหรับการกรองความถี่ต่ำผ่าน การเปลี่ยนถูกลดทอนลง ภาพผลลัพธ์มีความราบเรียบขึ้น

2.6.2 ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter) [2]

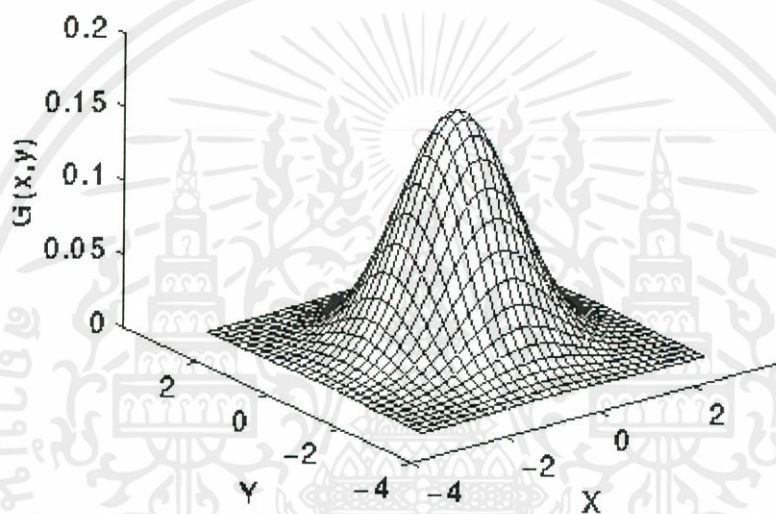
ตัวกรองแบบเกาส์เซียนถูกจัดเป็นประเภทตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) โดยเทมเพลตแบบเกาส์เซียนนี้จะเป็นที่นิยมใช้มากกว่ามาร์คแบบค่าเฉลี่ย เนื่องจากจะมีผลต่อการกระทบต่อการพรมัวของภาพต้นฉบับน้อยกว่า ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์หรือกลุ่มตัวเลขในเทมเพลตแบบเกาส์เซียนนี้จะถูกออกแบบให้มีความสอดคล้องกับสมการการกระจายของเกาส์เซียนฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Gaussian Distribution) ดังสมการที่ 2.7

$$g(x, y) = Ce^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (2.7)$$

โดยที่ σ คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

C คือค่าคงที่นอร์มอลไลซ์ (Normalizing Constant)

(x, y) คือค่าสัมประสิทธิ์ของเกาส์เซียนฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง



รูปที่ 2.29 ตัวกรองแบบเกาส์เซียน [1]

2.7 Speeded Up Robust Features (SURF) [4]

กระบวนการดึงลักษณะเด่นด้วยการหาจุดสำคัญบนภาพที่เรียกว่า Interest Point Detection โดยจุดที่หามาได้บนภาพเหล่านี้ จะถูกนำมาหาคุณสมบัติของจุดจากบริเวณกลุ่มจุดข้างเคียงโดยจะเรียกใหม่ว่า Keypoint โดยวิธีการหาจุดเด่นของภาพด้วยวิธีนี้ได้ถูกนำเสนอโดย Lowe ในปี 2004 ซึ่งกระบวนการนั้นเรียกว่า Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) โดยหลังจากนั้นในปี 2006 Bay และ Tuytelaars ได้นำมาพัฒนาต่อโดยปรับแก้ไข SIFT ที่มีปัญหาเรื่องความเร็วในการทำงานที่ค่อนข้างช้ามาให้เร็วขึ้นซึ่งให้ชื่อว่า Speed Up Robust Feature (SURF)

Speeded Up Robust Features หรือ SURF มีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอนคือ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลีกร์ทั้งหมัดให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เป็นการหาจุดสนใจที่เรียกว่า Interest point detection หรือ keypoint ซึ่งจุดสนใจเหล่านี้ดำเนินการหาค่าโดย Hessian corner detection โดยหลังจากได้ทำการสร้าง Scale space

เพื่อช่วยทำการหาจุดสำคัญ และทำการเปรียบเทียบค่า Threshold เพื่อทำการละทิ้งจุดบางจุดที่มีความสำคัญน้อยกว่าระดับที่ต้องการ (Non-Maxima Suppression)

2. ขั้นตอนต่อไปเป็นการหาคุณสมบัติ (Descriptor) ของจุดนั้นๆ โดยเป็นการตรวจหาจากจุดข้างเคียง (Neighborhood) ของจุดสนใจทุกๆจุดที่หาได้ในขั้นตอนแรกโดยจะนำมาคำนวณเป็นเว็ทเตอร์ตามขนาดทิศทางของระดับความเข้มแสง

2.7.1 หาจุดสนใจ (Interest point detection)

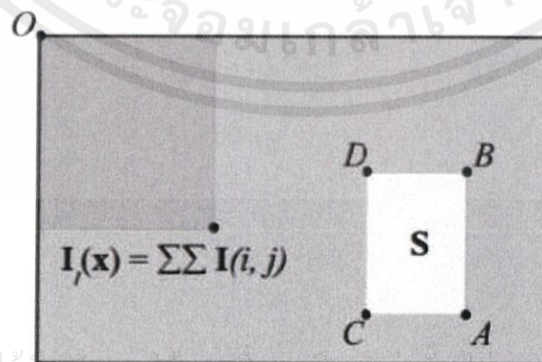
ในกระบวนการ SURF นี้ในการตรวจหาจุดสนใจ (Interest point) มีการนำ Hessian-matrix approximation โดยมีการนำวิธีการ Integral images มาช่วยคำนวณค่า ซึ่งสามารถเวลาในการประมวลผลได้เป็นอย่างดี

2.7.1.1 Integral Image

ใน SURF ได้มีการนำ Integral images ซึ่งวิธีการนี้สามารถคำนวณขนาดของพื้นที่สี่เหลี่ยม ได้ทันทีหลังจากที่มีการ Input ข้อมูลที่ต้องการเข้ามาทำให้ลดเวลาในการคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยมของรูปภาพที่ต้องการได้ โดย Integral images สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

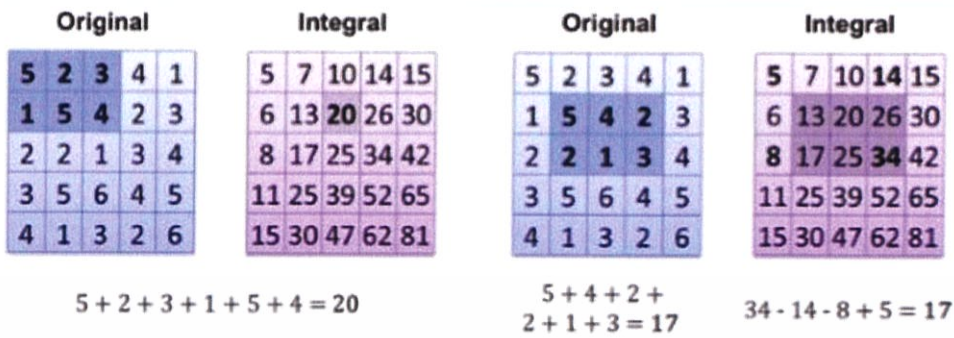
$$I_{\Sigma}(x, y) = \sum_{i=0}^{x} \sum_{j=0}^{y} I(x, y) \quad (2.8)$$

โดยที่ $I_{\Sigma}(x, y)$ คือ Integral Image ที่ตำแหน่ง $x=(x, y)$ ซึ่งแสดงถึงผลรวมทุก Pixel ของภาพ I ภายใต้อพื้นที่สี่เหลี่ยมที่ต้องการตั้งรูปตัวอย่างที่ 2.30

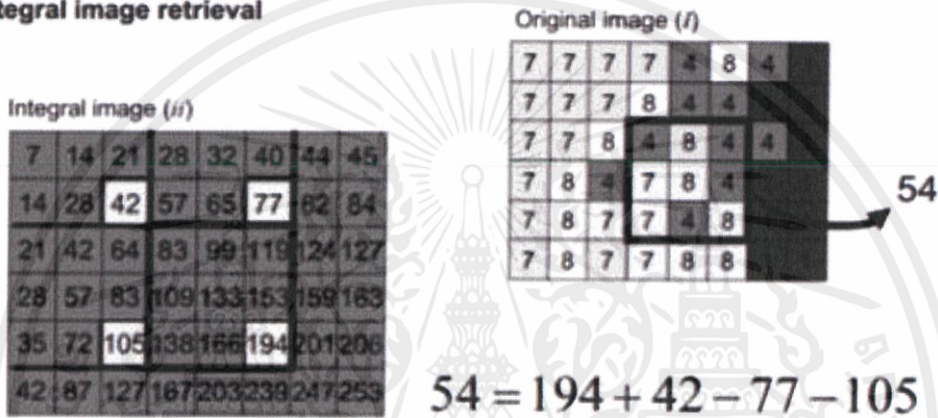


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาดูแลเรียน มิใช่เพื่อให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลง $S=A-B-C+D$ ไปอึ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.30 การคำนวณพื้นที่โดยใช้ Integral Image



Integral image retrieval



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ที่ต้องการด้วยการใช้ Integral Image

2.7.1.2 Hessian Detector Hessian matrix

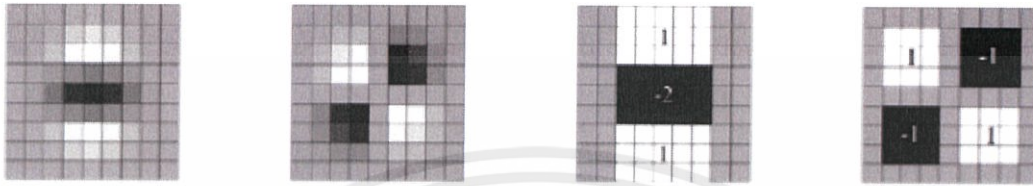
ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาจุดสำคัญบนภาพโดยหาจากค่า Determinant ของแมทริกที่มีค่ามากที่สุดให้ $x = (x, y)$ ในภาพ I ดังสมการด้านล่าง

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \tag{2.9}$$

เมื่อ $L_{xx}(x, \sigma)$ เป็นการ Convolution ของ Gaussian second order derivative

$\frac{\partial^2}{\partial x^2} g(\sigma)$ กับภาพ I ที่จุด x ซึ่งการคำนวณของ $L_{xy}(x, \sigma)$ ของ $L_{xy}(x, \sigma)$ จะเป็นการหาค่าในลักษณะเดียวกันโดย SURF ใช้การประมาณค่าของ Hessian matrix ด้วย Box filter ดังรูปที่ 2.13 คือการประมาณค่า second order Gaussian derivative ซึ่งการประมาณค่านี้สามารถนำ Integral image มาใช้เพื่อให้สามารถลดเวลาการคำนวณได้อย่างมากโดยเวลาในการคำนวณนี้จะไม่ขึ้นกับ

ขนาดของ filter ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักของ D_{xy} บริเวณพื้นที่สีดำจะมีค่า 1 และพื้นที่สีขาวจะมีค่า -1 และค่าถ่วงน้ำหนักของ D_{xx} และ D_{yy} บริเวณสีดำจะมีค่าถ่วงน้ำหนักเป็น 2 ส่วนสีขาวจะเป็น 1 ตามลำดับ และพื้นที่สีเทาจะมีค่าเป็นศูนย์ทั้งสามแบบ



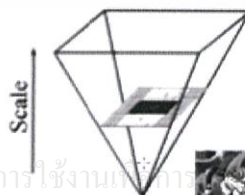
รูปที่ 2.32 ตัวอย่างหน้าต่าง Gaussian second order derivative

จากรูปที่ 2.32 สองรูปซ้ายคือ Gaussian second order partial derivative ในทิศทาง y - (L_{yy}) และ xy - (L_{xy}) ตามลำดับและสองรูปขวาเป็นการประมาณค่าของ Gaussian second order partial derivative ในทิศทาง y - (D_{yy}) และ xy - (D_{xy}) ตามลำดับซึ่งการประมาณค่า Gaussians ของ Hessian determinant คำนวณได้จาก

$$\det(\mathcal{H}_{approx}) = D_{xx}D_{yy} - (0.9D_{xy})^2 \quad (2.10)$$

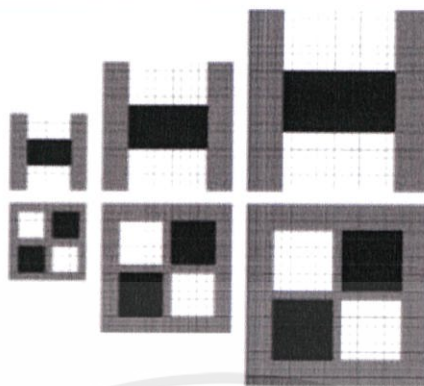
2.7.1.3 Scale Space Representation Interest point

สามารถพบได้ที่ scale ต่างๆกันดังนั้น scale space จึงได้ถูกนำมาใช้ในลักษณะ Pyramid รูปที่ 2.33 เป็นการเปลี่ยนขนาดของ Box filter ตามค่าต่างๆดังรูปที่ 2.14 เพื่อนำมา Convolution กับภาพเพื่อตรวจจับหาจุดสนใจ

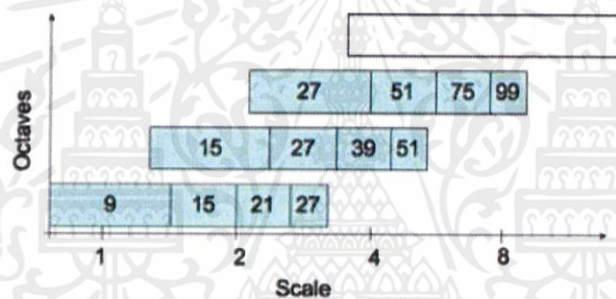


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.33 Scale space ของการประมาณค่า Second order Gaussian filter



รูปที่ 2.34 โครงสร้างของ filter ที่ขนาดต่างๆ

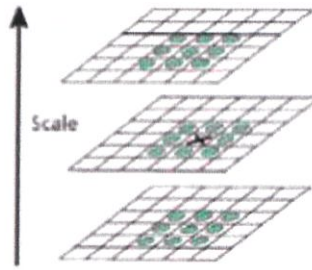


รูปที่ 2.35 ขนาดของหน้าต่าง filter ของแต่ละ Octave ต่างกัน

2.7.1.4 Accurate Interest point Localizations

หลังจากได้ตรวจจับจุดสำคัญบนภาพแล้ว จุดที่ถูกตรวจพบบางครั้งมีมากเกินไปจนทำให้เสียเวลาในขั้นตอนต่อไป จึงทำการลบจุดบางจุดทิ้งไปโดย Thresholding เป็นการลบจุดสนใจที่มีค่าต่ำกว่า Threshold ออก โดยการเปรียบเทียบกับ Scale ข้างเคียงดังรูปที่ 2.36 โดยการเปรียบเทียบจุดพิเซลอ้างอิงกับพิเซล 26 พิกเซลรอบข้าง 8 พิกเซลจาก scale เดียวกันและอีก 9 พิกเซลจาก scale ที่เหนือและต่ำกว่า โดยจุดพิเซลอ้างอิงนั้นต้องเป็นจุดสูงหรือจุดต่ำสุดใน scale space

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 การลบจุดสำคัญที่ค่าต่ำกว่าค่า Threshold โดยเปรียบเทียบจากพิกเซลข้างเคียง

2.7.2 สร้างเอกลักษณ์ของแต่ละจุด (Interest Point Description)

หลังจากที่จุดสนใจบนภาพได้ถูกตรวจพบแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างเอกลักษณ์ของแต่ละจุดเพื่อนำไปจับคู่จุดสำคัญกับภาพอื่นๆ เพื่อหาความคล้ายหรือความเหมือนกันของภาพอ้างอิงกับภาพอื่นๆ เพื่อจะนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการ matching ต่อไปโดยใน SURF ได้นำ Haar wavelets มาใช้เพื่อเพิ่มความถูกต้อง และสามารถลดเวลาการประมวลผลได้ด้วยการใช้ Integral images โดย Haar wavelets ถูกนำมาใช้เพื่อหาค่า gradients ในทิศทาง x และ y



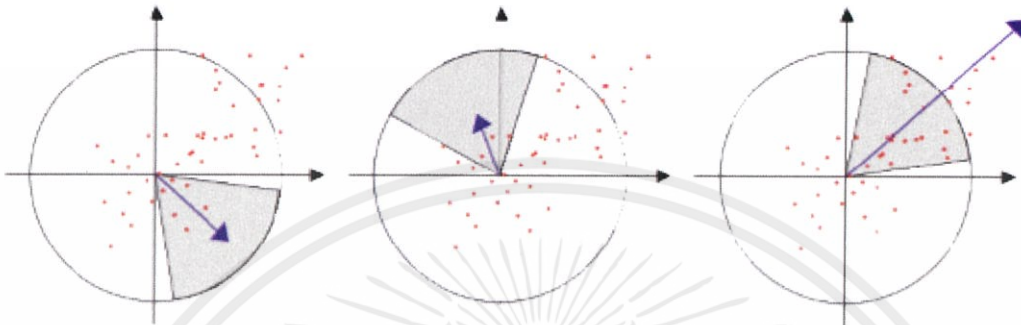
รูปที่ 2.37 ค่า Haar wavelets filter ในทิศทาง x (ซ้าย) และ y (ขวา)

โดย Haar wavelets ที่ใช้ในการหาลักษณะเด่นจะมีสองขั้นตอนที่สำคัญที่ใช้ในการหาลักษณะเด่นดังต่อไปนี้

2.7.2.1 กำหนดทิศทาง (Orientation Assignment)

จะทำการพิจารณา พิกเซลบริเวณรอบ จุดสนใจ โดย Haar wavelet ในทิศทาง x และ y ภายใต้วงกลมรัศมี 6σ รอบๆจุดสนใจโดยค่า σ คือค่า scale ของจุดสนใจที่พิจารณาอยู่ หลังจากที่ได้คำนวณค่าตอบสนองของ Haar wavelet แล้วจึงนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณค่าถ่วง

น้ำหนัก Second order Gaussian (2σ) ซึ่งจะได้ค่าตอบสนองจุดสีต่างๆตามรูปที่ 2.38 โดยหลังจากนั้นจะพิจารณาทิศทางของจุดทีละ 60° จะได้ตามทิศทางของแต่ละพื้นที่ตามลูกศรสีน้ำเงิน โดยพื้นที่ไหนมีขนาดของเวกเตอร์มากที่สุดก็จะกลายเป็นตัวแทนทิศทางของจุดนั้นๆ



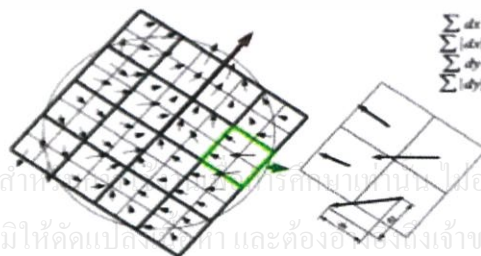
รูปที่ 2.38 ทิศทางของจุดทีละ 60° จะได้ตามทิศทางของแต่ละพื้นที่

2.7.2.2 คุณสมบัติของแต่ละจุดสนใจ (Generation of the SURF descriptor)

จะทำการสร้างหน้าต่างสี่เหลี่ยมจตุรัสรอบบริเวณจุดสนใจ โดยหน้าต่างที่ได้ทำการสร้างขึ้นจะถูกแบ่งเป็นหน้าต่างย่อย 4×4 และหน้าต่างย่อยนี้จะถูกย่อยอีกเป็น 2×2 ตาราง ดังแสดงในรูปที่ 2.20 ซึ่งหลังจากแบ่งแล้วจะทำการคำนวณค่าตอบสนองของ Haar wavelets ในทิศทาง x และ y ซึ่งจะได้ 4 ค่าดังสมการที่ 2.11

$$v_{subregion} = (\sum d_x, \sum d_y, \sum |d_x|, \sum |d_y|) \quad (2.11)$$

แต่ละหน้าต่างย่อย 4 ช่องนี้เมื่อทำการหาคุณสมบัติเด่นแล้วจะมีขนาด $4 \times 4 \times 4 = 64$ มิติ นี้คือคุณสมบัติของจุดสำคัญ 1 จุดในภาพที่หาจาก SURF



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเอกสาร และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.39 หน้าต่างเก็บคุณสมบัติของแต่ละจุดสนใจ

2.8 Library EmguCV และ OpenCV [16]



รูปที่ 2.40 สัญลักษณ์ OpenCV

OpenCv (Open Source Computer Vision) เป็น library programming functions ที่ใช้ช่วยในการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับ computer vision แบบ realtime ซึ่งปัจจุบันสามารถใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ windows, Linux, Mac, iOS และ Android โดยมี Algorithm ที่ optimized แล้วมากกว่า 2,500 algorithm มียอดดาวน์โหลดมากกว่า 2.5M ครั้งจากทั่วโลก และรองรับภาษา C, C++, Java Python ในการพัฒนาโปรแกรม



รูปที่ 2.41 สัญลักษณ์ Emgu CV

Emgu CV เป็น library ที่ใช้ช่วยในการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับ computer vision แบบ realtime เหมือน OpenCV แต่ต่างกันตรงที่ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม เพราะ Emgu CV จะใช้ภาษาพวก .NET ในการพัฒนา เช่น C# , VB, VC++, IronPython และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Platform Features

ตารางที่ 2.2 Windows Feature

Name	Emgu CV (Open Source)	Emgu CV for Windows (Commercial Optimized)		Emgu CV for Unity
Development tools	Visual Studio 2010 and up	Visual Studio 2010 and up	Visual Studio 2013 and up	Unity 3D 4.x Pro and up
Platform	Windows	Windows	Windows 8.1 Store app *	Windows Desktop Standalone
Supported CPU Architecture	i386, x64	i386, x64	i386, x64	i386 (Editor & Standalone), x64 (Standalone)
CUDA GPU Processing	✓	✓	X	X
OpenCL (GPU&CPU)	✓	✓	X	✓
Tesseract OCR	✓	✓	X	✓
Compiled with Intel C++ Compiler, TBB& IPP	X	✓	X	X
Exception Handling	✓	✓	✓	X
Debugger Visualizer	✓	✓	X	X
Emgu.CV.UI	✓	✓	X	X
License	GPL	Commercial License		Commercial License

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 Mobile devices Feature

Name	Emgu CV for Xamarin iOS Bussiness Version+	Emgu CV for Xamarin Android Bussiness Version+	Emgu CV for Windows Phone	Emgu CV for Unity		
Requirement	Xamarin iOS Bussiness Version+	Xamarin Android Bussiness Version+	Visual Studio 2013 and Windows Phone 8.1	Unity 3D 4.x Free and up		
Platform	iOS (iPhone, iPad, iPod Touch)	Android	Windows Phone 8.1	iOS (iPhone, iPad, iPod Touch)	Android	Windows Phone 8.1
Supported Device	armv7, armv7a, arm64	armeabi, armeabi-v7a, x86	arm	armv7, armv7a	armeabi, armeabi-v7a, x86	arm
Supported Simulator	i386, x64	armeabi, armeabi-v7a, x86	x86	i386	armeabi, armeabi-v7a, x86	x86
CUDA GPU Processing	X	X	X	X	X	X
OpenCL (GPU&CPU)	X	✓ (on supported devices)	X	X	✓ (on supported devices)	X
Tesseract OCR	✓	✓	X	✓	✓	X

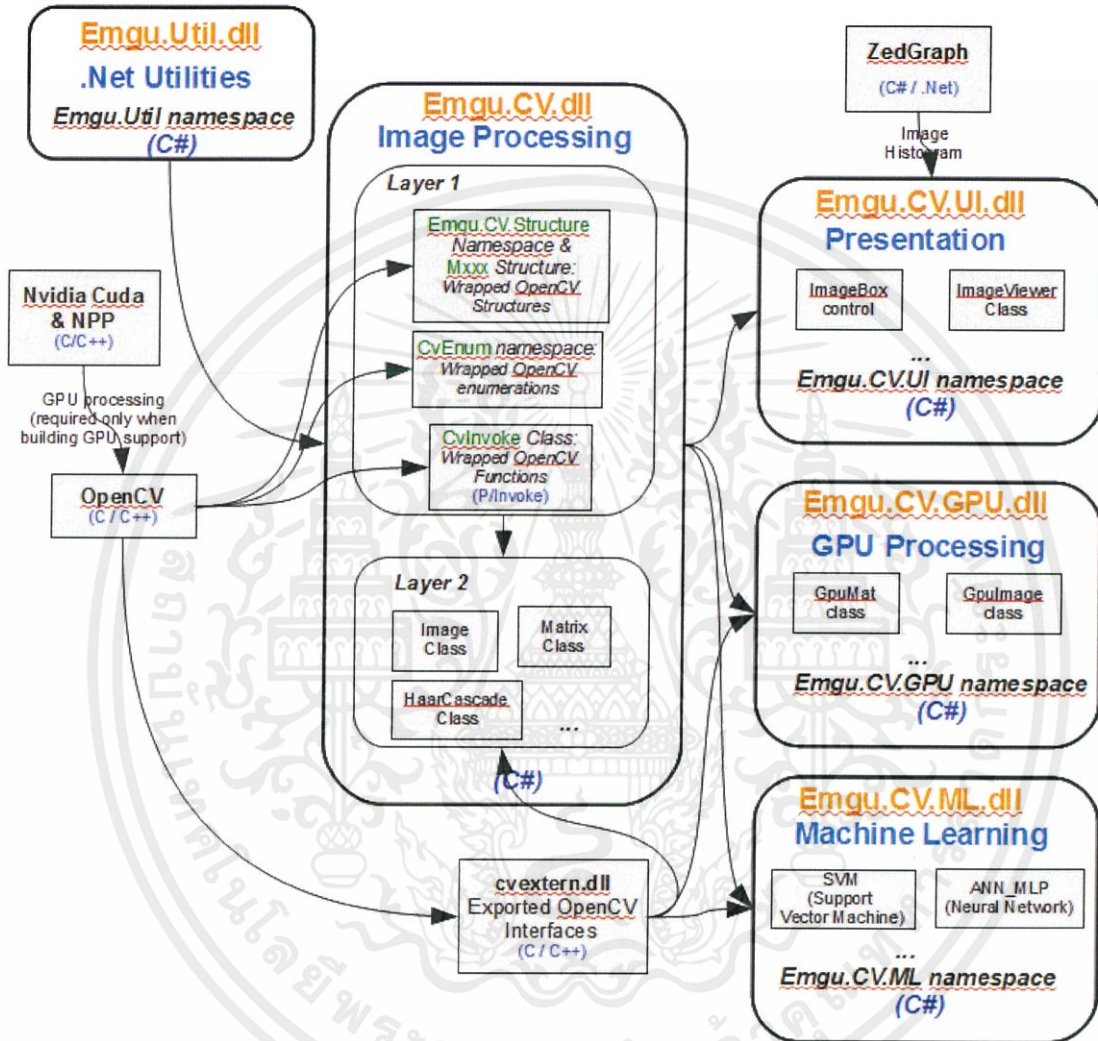
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่าในรูปแบบใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเผยแพร่และเผยแพร่ซ้ำ รวมถึงนำข้อมูลเอกสารหรือรูปที่ปรากฏไปใช้

ตารางที่ 2.4 OSX, Linux and Unix Feature

Name	Emgu CV (Open Source)	Emgu CV for OSX, Linux Unix(Commercial License)	Emgu CV for Unity
Development Tools	Xamarin Studio or MonoDevelop	Xamarin Studio or MonoDevelop	Unity 3D 4.x Pro and up
OSX	✓	✓	x86 & x64 (Editor & Standalone)
Linux, Unix	✓	✓	X
CUDA GPU Processing	✓ (if compile from source)	✓ (if compile from source)	X
OpenCL (GPU&CPU)	✓	✓	✓
Tesseract OCR	✓	✓	✓
Exception Handling	✓	✓	X
Emgu.CV.UI	✓	✓	X
License	GPL	Commercial License	Commercial License

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Architecture Overview



รูปที่ 2.42 Emgu CV Architecture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

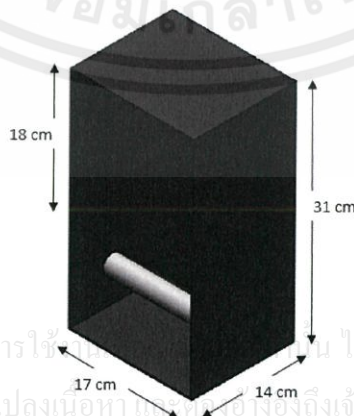
การออกแบบระบบระบุตัวตนโดยใช้เส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ ออกแบบโดยแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนคือ การทำงานในส่วนอุปกรณ์ (Hardware) และ การทำงานในส่วนโปรแกรม (Software)

3.1 การออกแบบอุปกรณ์ (Hardware)

อุปกรณ์ที่ออกแบบเป็นอุปกรณ์สำหรับใช้รับภาพหลังมือ โดยอุปกรณ์ที่ออกแบบมีลักษณะเป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสีดำทึบ ซึ่งภายในประกอบด้วยกล้องเว็บแคม (Webcam) ที่ผ่านการดัดแปลงโดยการนำ Infrared filter ออก ทำให้กล้องเว็บแคมสามารถรับแสงอินฟราเรด (Infrared) ได้ และได้มีการติดตั้ง RGB filter เข้ากับกล้องเว็บแคมเพื่อช่วยกรองแสงให้กล้องเว็บแคมรับแสงเฉพาะช่วงแสงอินฟราเรดเท่านั้น ร่วมกับการเพิ่มแสงให้กับอุปกรณ์เก็บภาพด้วยหลอด Infrared LEDs เพื่อให้สามารถเห็นเส้นเลือดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

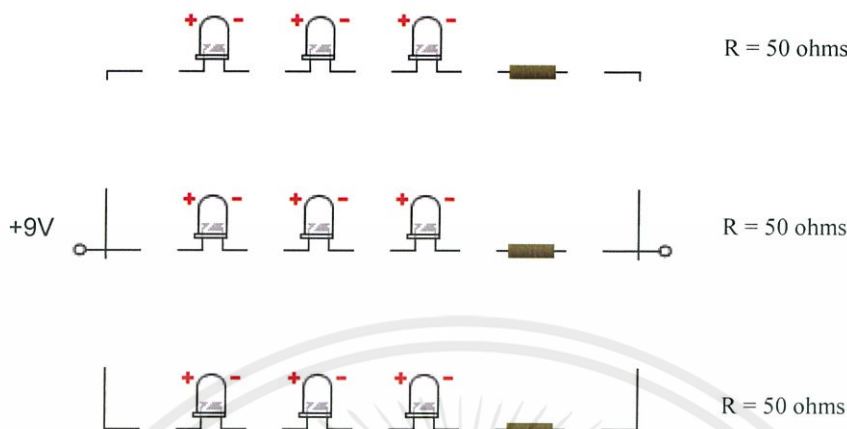
3.1.1 การออกแบบลักษณะของอุปกรณ์

ได้ออกแบบอุปกรณ์ให้มีลักษณะเป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสีดำ โดยทั้งห้าด้านของกล่องปิดทึบเหลือเพียงด้านหน้าของกล่องที่ออกแบบให้มีช่องสำหรับสอดมือ ภายในกล่องมีฉากไว้กำหนดระยะของมือให้มืออยู่ในระยะเท่ากับฉากพอดี รวมทั้งมีด้ามจับขนาดพอดีมือเพื่อจำกัดการวางมือให้อยู่ในลักษณะกำมือ ลดความคลาดเคลื่อน และเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุตัวตน



รูปที่ 3.1 ลักษณะโดยรวมของอุปกรณ์

3.1.2 การออกแบบวงจร



รูปที่ 3.2 วงจรหลอด Infrared LEDs

จากรูปที่ 3.2 เห็นว่าวงจรรับไฟจากแบตเตอรี่ขนาด +9v และใช้หลอด Infrared LEDs ทั้งหมด 9 หลอด และตัวต้านทานขนาด 50 โอห์มจำนวน 3 ตัว โดยใช้หลอด Infrared LEDs จำนวน 3 หลอด และตัวต้านทาน 1 ตัวต่อกันแบบอนุกรม และนำวงจรอนุกรมมาต่อกันแบบขนานอีกที สามารถคำนวณไฟที่ใช้ได้จากสมการ

$$V = IR$$

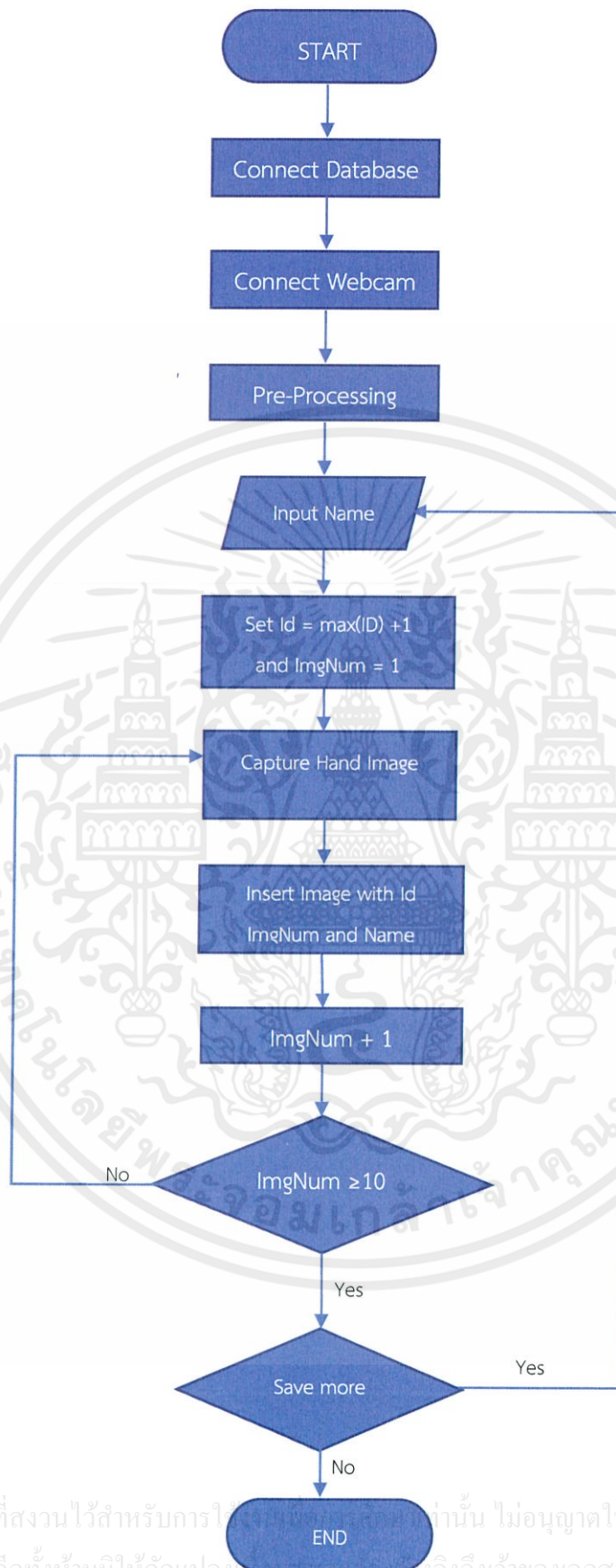
โดยค่า $V = V_{CC}$ - Forward Voltage (V_F) จากวงจรที่ออกแบบใช้หลอด Infrared LEDs จำนวน 3 หลอด ดังนั้น $V = V_{CC} - (V_F + V_F + V_F)$ โดยที่ค่า Forward Voltage ของหลอด Infrared LEDs ที่ใช้มีค่า 2.4v. จะได้ว่า

$$9v. - (2.4 + 2.4 + 2.4) = I (50)$$

$$I = 0.036 \text{ A.}$$

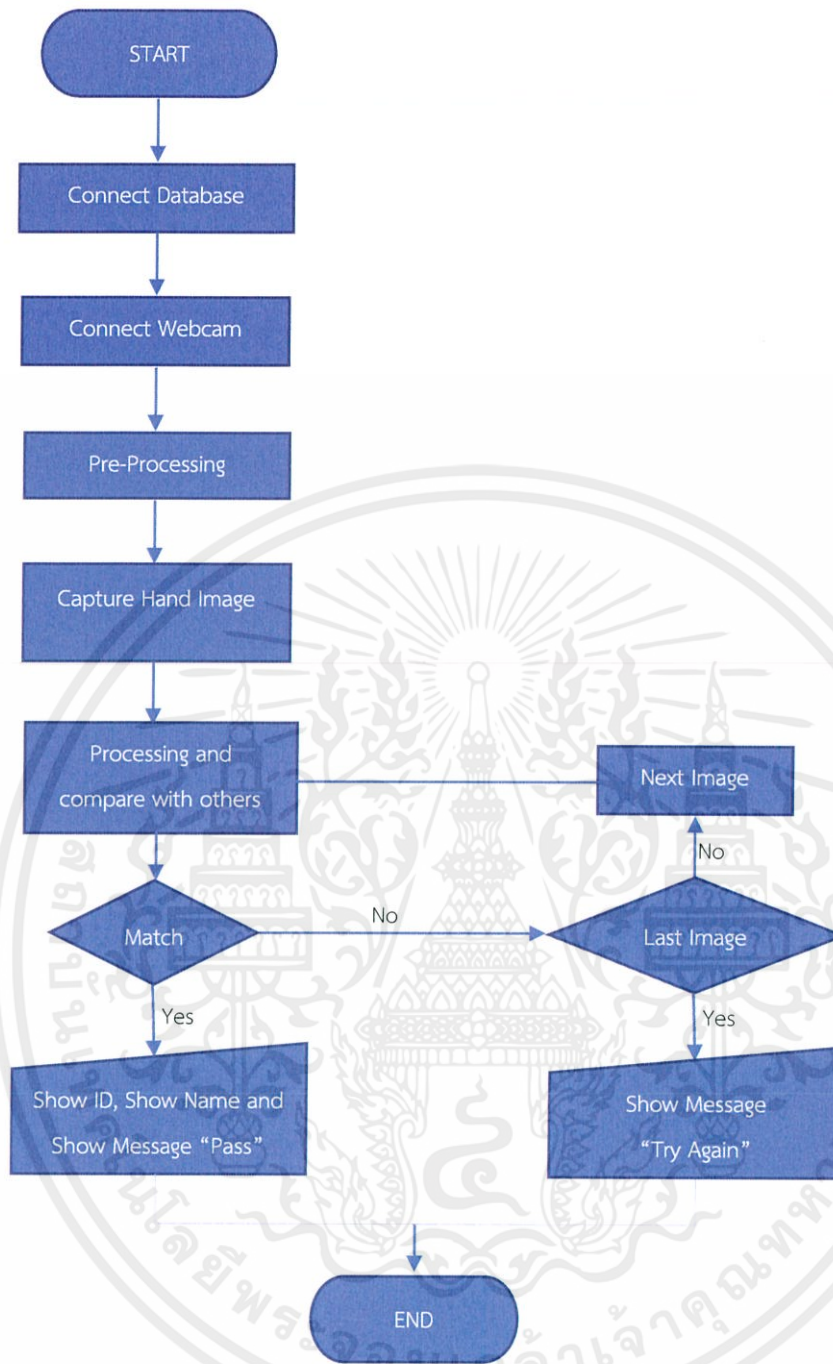
3.2 การออกแบบโปรแกรม (Software)

ในส่วนของ Software ออกแบบให้การทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน ซึ่งก็คือ ส่วนของการเก็บภาพ เอกสารถือฐานข้อมูล และส่วนของการตรวจสอบเพื่อระบุตัวตึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



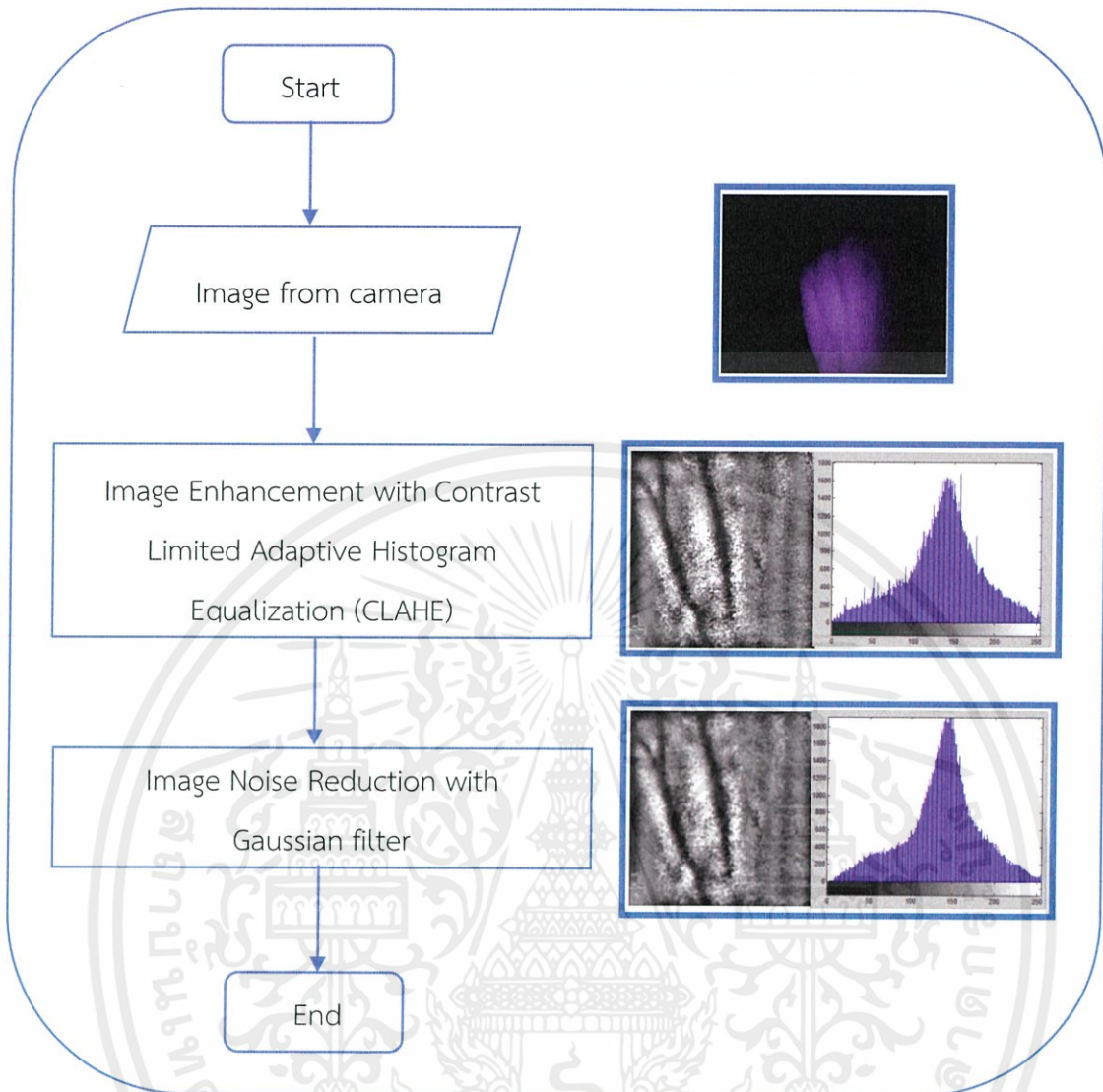
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลใดๆของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 flow chart การทำงานส่วนเก็บภาพ



รูปที่ 3.4 flow chart การทำงานของระบบในส่วนระบุตัวตน

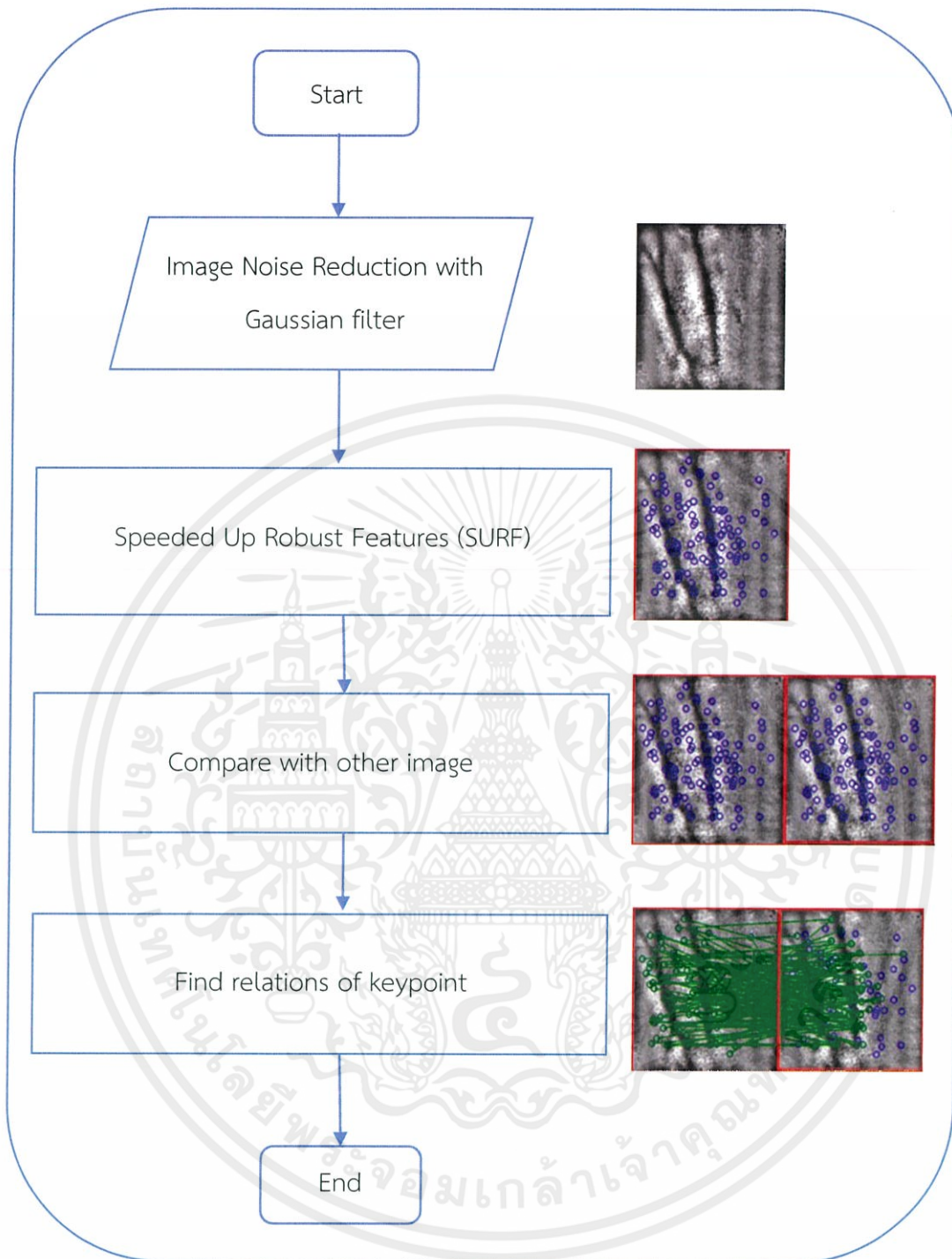
จากรูปที่ 3.3 แสดงถึงการเก็บภาพผู้ใช้งานจำนวน 10 ภาพต่อ 1 ID หรือ 1 คน ลงในฐานข้อมูล ส่วนรูปที่ 3.4 แสดงถึงการทำงานของระบบระบุตัวตนด้วยการรับภาพหลังมือจากกล้องเข้าสู่การประมวลผลภาพ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลที่ละภาพว่า Match กับข้อมูลที่มีอยู่หรือไม่ ถ้า Match กับข้อมูลที่มีอยู่จะแสดงค่า ID, Name และ Pass บนหน้าจอ แต่หากไม่ Match ก็แสดงผลว่า Try Again แทน



รูปที่ 3.5 กระบวนการประมวลผลเบื้องต้น (Pre-Processing)

จากรูปที่ 3.5 อธิบายถึงกระบวนการประมวลผลเบื้องต้นก่อนการนำภาพเข้าสู่การประมวลผลด้วยการดึงคุณสมบัติเด่นและระบุตัวตน ในขั้นตอนนี้จะทำการปรับปรุงภาพเพื่อให้สามารถเห็นเส้นเลือดได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ด้วยการปรับปรุงฮิสโตแกรมผ่านกระบวนการ Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) เมื่อผ่านกระบวนการนี้ จะนำไปลดสัญญาณรบกวนด้วยการใช้ Gaussian filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

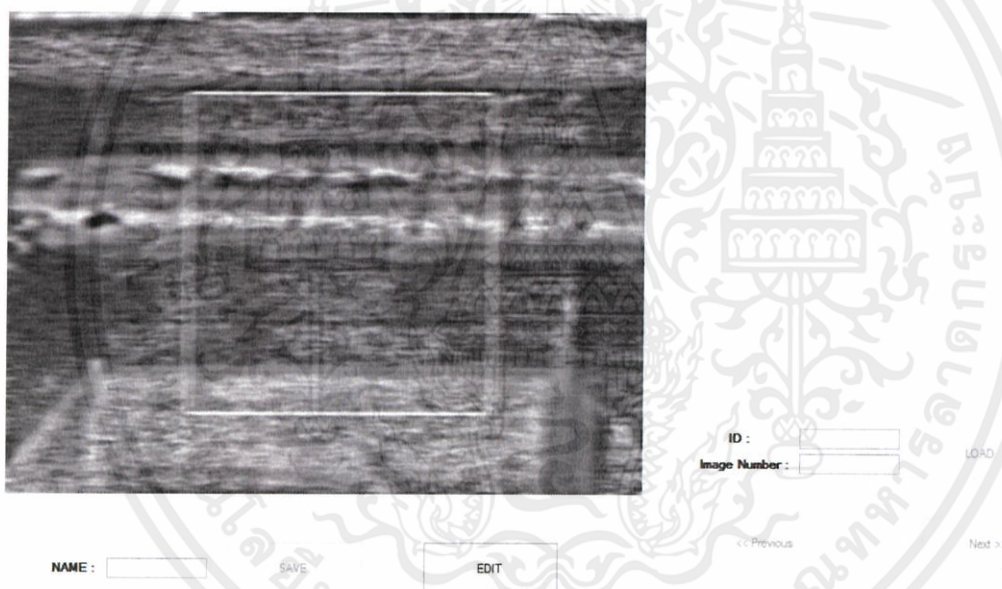


รูปที่ 3.6 กระบวนการประมวลผล (Processing)

จากรูปที่ 3.6 อธิบายถึงกระบวนการประมวลผลด้วยการดึงคุณสมบัติเด่นและระบุตัวตน ในขั้นตอนนี้จะทำการหาจุดสนใจของภาพและหาคุณลักษณะของจุดสนใจเพื่อนำไปใช้ในการระบุตัวตนผ่านการคำนวณ โดยหาจุดสนใจและคุณลักษณะจากกระบวนการ Speeded Up Robust Features (SURF) เมื่อผ่านกระบวนการนี้ จะเข้าสู่กระบวนการสุดท้ายคือการวัดประสิทธิภาพกระบวนการรู้จำเพื่อระบุตัวตน

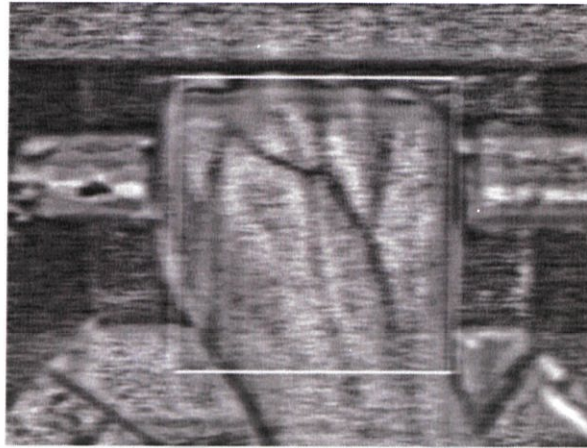
3.2.1 การออกแบบการใช้งานและส่วนประกอบของโปรแกรม

ในส่วนของตัวโปรแกรมได้ออกแบบให้มีรูปแบบการใช้งานที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญก็สามารถใช้งานโปรแกรมได้ โดยได้ออกแบบเป็นสองโปรแกรมแยกจากกัน โปรแกรมแรกเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับเก็บภาพลงในฐานข้อมูล และแสดงภาพจากฐานข้อมูล โปรแกรมนี้มีหน้าที่สร้าง ID ผู้ใช้ และทำการเก็บภาพเส้นเลือดหลังฝ่ามือของผู้ใช้ใน ID ที่สร้างขึ้น โดยสามารถแสดงภาพจากฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาพ หากภาพไม่ถูกต้องหรือมีปัญหาก็สามารถแก้ไขภาพได้ โปรแกรมที่สองเป็นโปรแกรมสำหรับการระบุตัวตน โปรแกรมนี้มีหน้าที่ระบุตัวตนของผู้ใช้ โดยระบุจากภาพในฐานข้อมูลซึ่งผ่านการเก็บจากโปรแกรมแรก และแสดงผลว่าผู้ใช้คนนั้นคือใคร



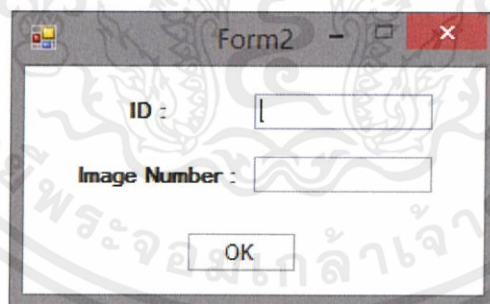
รูปที่ 3.7 หน้าจอโปรแกรมเก็บภาพ และแสดงผลภาพ

จากรูปที่ 3.7 แสดงหน้าจอกการใช้งานโปรแกรมเก็บภาพและแสดงผลภาพ โดยการใช้งานจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ใช้งานสำหรับเก็บข้อมูลภาพ ซึ่งในส่วนนี้จะนำภาพจากเว็บแคมมาแสดงบนหน้าจอสำหรับถ่ายภาพและบันทึกภาพลงในฐานข้อมูล อีกส่วนคือส่วนที่ใช้สำหรับเรียกดูภาพในฐานข้อมูล โดยเมื่อเรียกดูภาพแล้วภาพก็จะแสดงบนหน้าจอเพื่อใช้ตรวจสอบข้อผิดพลาดของภาพ ไม่ว่าจะเสียหายนะจะได้ทำการแก้ไขให้คล่องเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 หน้าจอโปรแกรมเก็บภาพเมื่อทำการกรอกชื่อ

จากรูปที่ 3.8 เมื่อทำการกรอกชื่อจะทำให้ button SAVE สามารถใช้งานได้ โดยจะเห็นวก่อนที่จะทำการกรอกชื่อดังรูปที่ 3.7 button SAVE ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลนั้นไม่สามารถใช้งานได้ และเมื่อเก็บภาพครบตามจำนวนที่กำหนดไว้แล้ว button SAVE ก็จะกลับไปใช้งานไม่ได้เหมือนตอนเริ่มโปรแกรม ต้องเริ่มต้นกรอกชื่อใหม่เพื่อเก็บภาพของ ID ถัดไป button SAVE จึงจะสามารถใช้งานได้อีกครั้ง



รูปที่ 3.9 หน้าจอโปรแกรมในส่วนแก้ไขภาพ

จากรูปที่ 3.9 หน้าจอโปรแกรมในส่วนนี้เป็นส่วนของการแก้ไขภาพ เมื่อกดปุ่ม EDIT ในหน้าจอโปรแกรมเก็บภาพ โปรแกรมก็จะทำการถ่ายภาพ และเรียกหน้าจอขึ้นมาแสดง ในหน้าจอนี้จะมีช่องสำหรับกรอก ID และ Image Number ของภาพที่ต้องการจะแก้ไข เมื่อทำการกรอก ID และ Image Number แล้วสามารถกดปุ่ม OK เพื่อทำการนำภาพที่ถ่ายไปเก็บแทนที่ภาพที่ต้องการแก้ไข



ID :

Image Number :

<< Previous

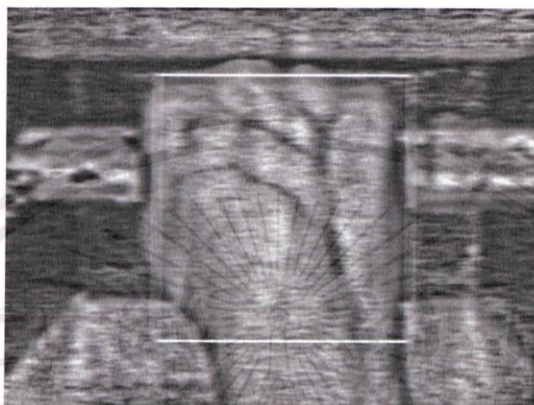
รูปที่ 3.10 หน้าจอโปรแกรมสำหรับเรียกดูภาพ

จากรูปที่ 3.10 เมื่อทำการกรอก ID และ Image Number ของภาพที่ต้องการจะดูจะทำให้ button LOAD สามารถใช้งานได้ โดยจะเห็นว่าก่อนที่จะทำการกรอกดังรูปที่ 3.7 button LOAD นั้นไม่สามารถใช้งานได้ และเมื่อกด LOAD แล้วภาพที่ ID และ Image Number ตรงกับที่กรอกไว้ก็จะแสดงผลขึ้นบนหน้าจอ รวมทั้ง button Previous และ Next ก็จะสามารถใช้งานได้



รูปที่ 3.11 หน้าจอโปรแกรมเมื่อภาพที่เรียกดูเป็นภาพแรกและภาพสุดท้าย

จากรูปที่ 3.11 เมื่อใช้งาน button Previous และ Next แสดงภาพก่อนหน้าหรือภาพถัดไป จนถึงภาพแรก และภาพสุดท้ายแล้วหากทำการกดซ้ำอีกครั้งก็จะมีแจ้งเตือนเป็น Message Box ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.12 หน้าจอโปรแกรมระบุตัวตน

จากรูปที่ 3.12 แสดงหน้าจอโปรแกรมสำหรับระบุตัวตน โปรแกรมจะเริ่มต้นระบุตัวตนเมื่อกดปุ่ม START โดยจะเริ่มจากการถ่ายภาพ จากนั้นโปรแกรมจะนำภาพที่ถ่ายไปเปรียบเทียบกับภาพที่เก็บไว้ที่ละภาพ ขณะเปรียบเทียบก็จะแสดง ID และ Image Number ของภาพที่กำลังเปรียบเทียบกับอยู่บนหน้าจอในช่อง ID and No. และจะแสดงผลการระบุตัวตนที่หน้าจอในช่อง result หาก match จะแสดงผลว่า pass เป็นตัวอักษรสีเขียว รวมทั้งแสดงชื่อในช่อง NAME หากไม่ match ก็แสดงผลว่า Try again เป็นตัวอักษรสีแดง ส่วนในช่อง NAME จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดผลการทำงานของชิ้นงาน และการทำงานของโปรแกรมโดยแบ่งผลการทดลองออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ที่ใช้ในการถ่ายภาพเส้นเลือดบริเวณหลังมือ
2. กระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre-processing)
3. กระบวนการเก็บข้อมูลผู้ใช้งานในฐานะข้อมูล
4. กระบวนการประมวลผลภาพ (Processing) และระบุตัวตนบุคคล (Identification)

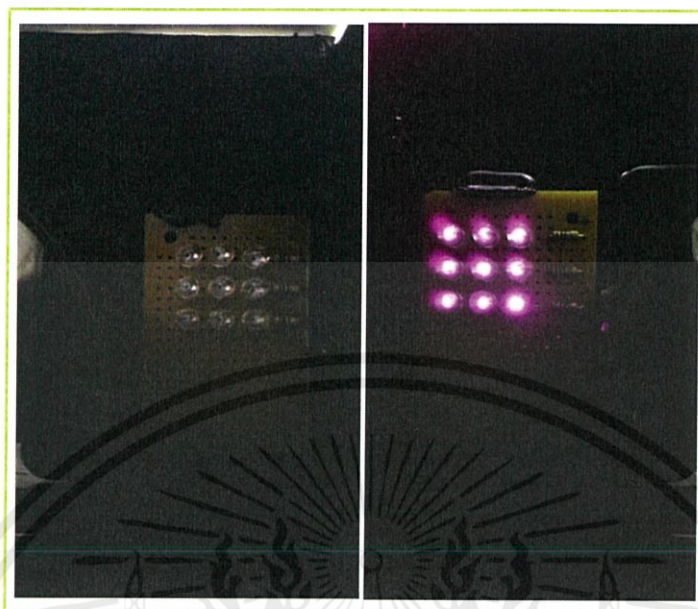
4.1 อุปกรณ์ถ่ายภาพเส้นเลือดบริเวณหลังมือ

การทดลองนี้เป็นการทำชิ้นงานฮาร์ดแวร์เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการถ่ายภาพเส้นเลือดบริเวณหลังมือซึ่งประกอบด้วย กล้องเว็บแคม (Webcam) ที่ได้ทำการนำเอาตัวกรองอินฟราเรด (Infrared Filter) ออกแล้ว เพื่อให้แสงอินฟราเรดสามารถผ่านเข้าไปได้ และกรองด้วยตัวกรองอินฟราเรดที่กรองเฉพาะแสงในช่วงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 720 nm. ขึ้นไปผ่านได้ โดยที่มีวงจรกำเนิดแสงอินฟราเรดทำหน้าที่เป็นตัวกระจายพลังงานแสงจากหลอด LEDs Infrared ทำให้ภาพเส้นเลือดหลังมือที่ได้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า...
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา... เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการถ่ายภาพเส้นเลือดบริเวณหลังมือ

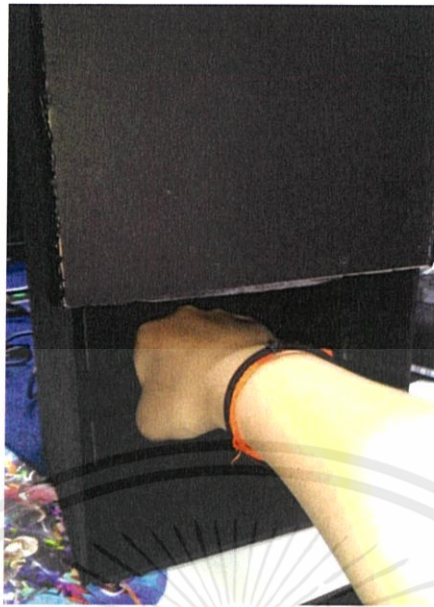


รูปที่ 4.2 วงจร LEDs Infrared เมื่อไม่มีการทำงาน (ซ้าย) เมื่อมีการทำงาน (ขวา)

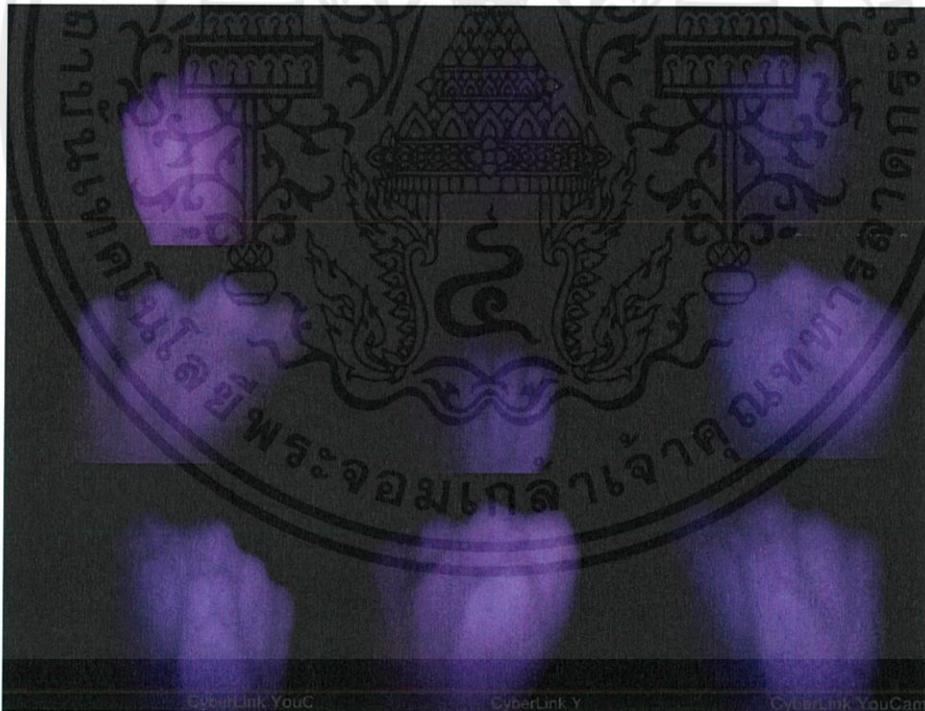


รูปที่ 4.3 ตำแหน่งของแผงวงจรกำเนิดแสงอินฟราเรด

จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 โดยปรกติแล้วแสงอินฟราเรดเป็นแสงที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าจากการทดลองดังกล่าวเราสามารถสังเกตเห็นแสงอินฟราเรดได้ผ่านการใช้กล้องถ่ายรูปจากโทรศัพท์มือถือเป็นตัวช่วย จะเห็นได้ว่าจากรูป เมื่อวงจรทำงานทำให้เห็น LEDs Infrared สว่างเป็นแสงสีชมพูหรือแดง



รูปที่ 4.4 การทดลองถ่ายภาพหลังมือจากอุปกรณ์



รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายหลังมือที่ถ่ายจากอุปกรณ์

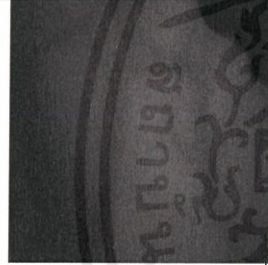
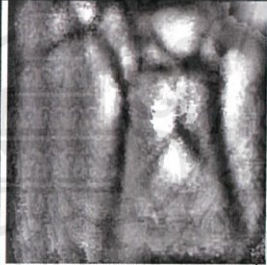
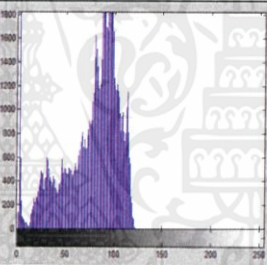
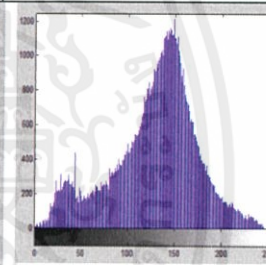
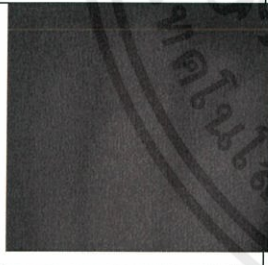
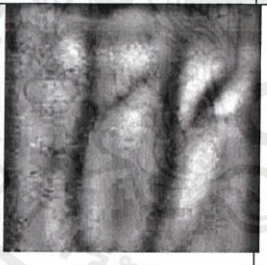
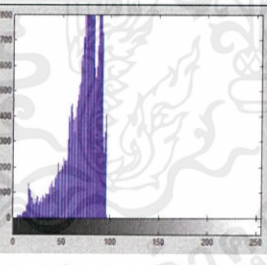
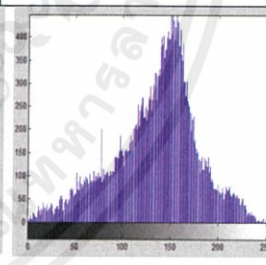
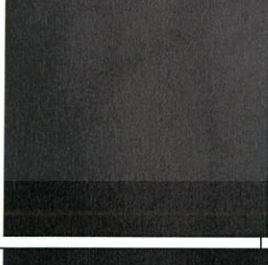
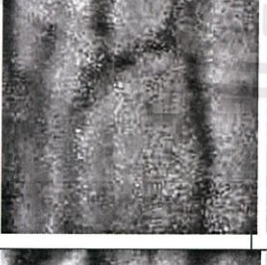
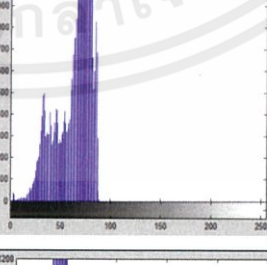
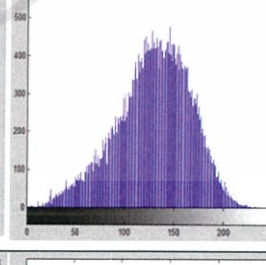
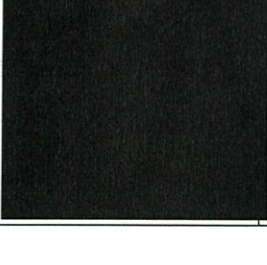

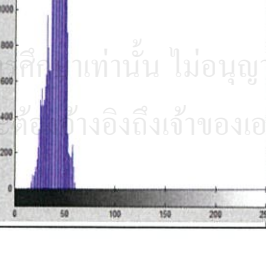
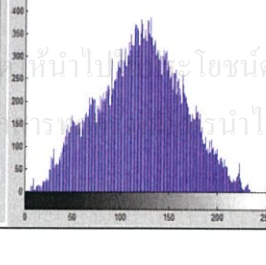
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าภาพที่ถ่ายจากอุปกรณ์ดังกล่าวนั้นไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ใน
 กระบวนการประมวลผลภาพ ทำให้ต้องทำการปรับภาพด้วยกระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ
 เพื่อให้มีความชัดเจนของเส้นเลือดมากยิ่งขึ้น โดยจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

4.2 กระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre-processing)

จากหัวข้อที่แล้วจะเห็นได้ว่าภาพที่ได้จากการถ่ายภาพจากอุปกรณ์อย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอต่อการนำไปประมวลผลภาพและระบุตัวตน จึงทำให้ต้องทำการปรับคุณภาพของภาพด้วยการปรับ Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) และกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian filter)

4.2.1 การทดลองในกระบวนการ Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) ที่มีค่า CLAHE clip limit = 40 และ Window size = (8,8)

ตารางที่ 4.1 การทดลองการประมวลผลด้วย CLAHE

ภาพก่อนการประมวลผล	ภาพหลังการประมวลผลด้วย CLAHE	Histogram ก่อนการประมวลผล	Histogram หลังการประมวลผลด้วย CLAHE
			
			
			
			

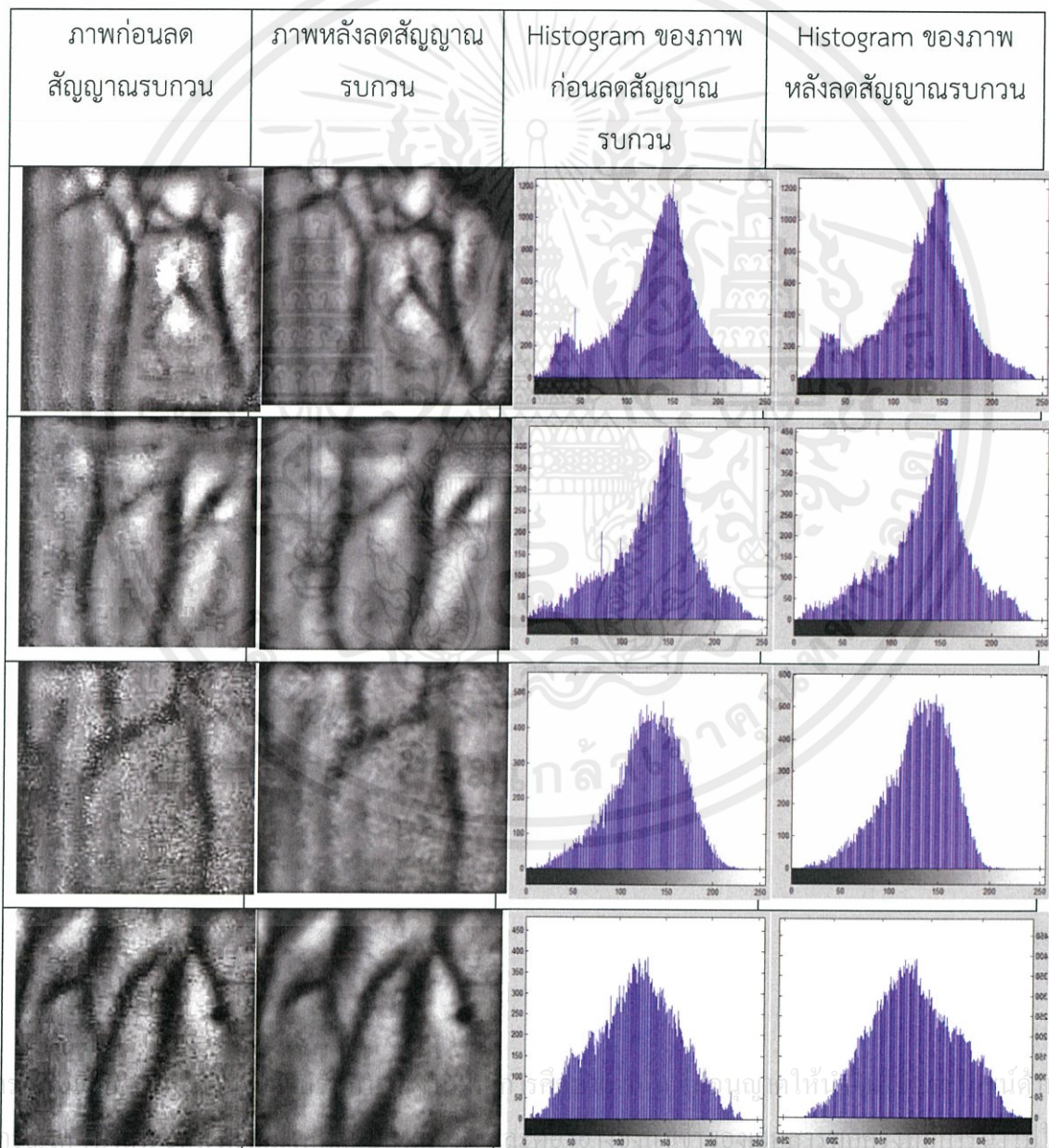
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่สามารถนำออกจากรายการนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัย

จากตาราง 4.1 แสดงให้เห็นถึงการปรับคุณภาพของภาพด้วยการใช้วิธี CLAHE ที่ clip limit = 40พบว่าภาพที่ได้มีความชัดเจนของเส้นเลือดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับภาพก่อนการประมวลผล และเมื่อสังเกตจากฮิสโตแกรม (Histogram) หลังการประมวลผลด้วยวิธีนี้ เห็นได้ชัดเจนว่ามีการขยายตัวของฮิสโตแกรมไปยังทุกระดับความเข้มเทา ทำให้ภาพมีความคมชัดขึ้น

4.2.2 การทดลองลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian filter)

ที่มี Template = 15x15 และ $\sigma = 1.5$ [4]

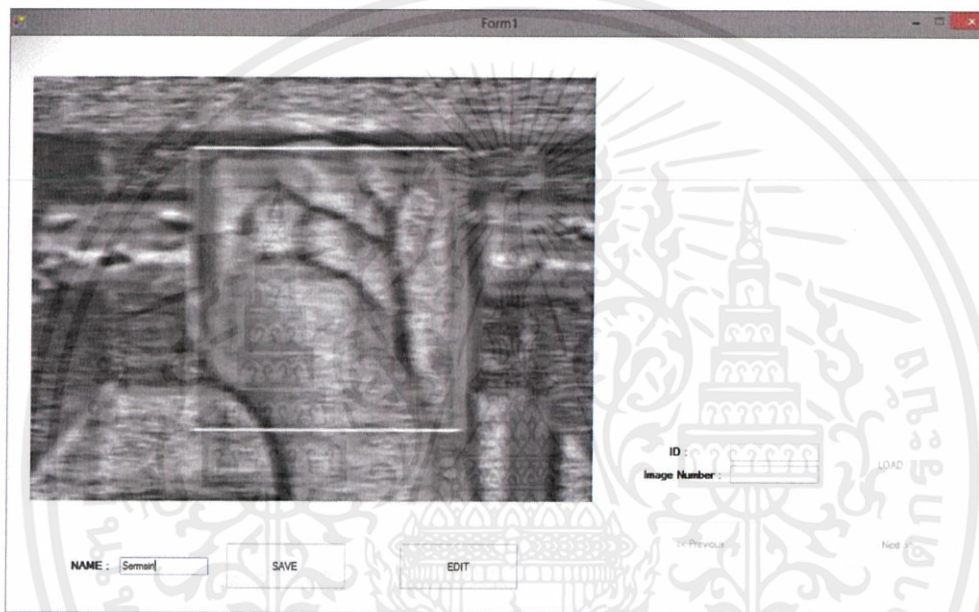
ตารางที่ 4.2 การทดลองการลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน



จากตารางที่ 4.2 พบว่า การลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน ที่มี Template = 15×15 ทำให้สัญญาณรบกวนถูกขจัดลงและภาพมีความเรียบหรือความพร่ามัวเพิ่มมากขึ้น

4.3 กระบวนการเก็บข้อมูลผู้ใช้ลงในฐานข้อมูล

การทดลองในส่วนนี้เป็นการเก็บข้อมูลผู้ใช้จากนักศึกษาวิศวกรรมสารสนเทศ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 10 คน และเก็บข้อมูลคนละ 10 ภาพ ลงในฐานข้อมูล

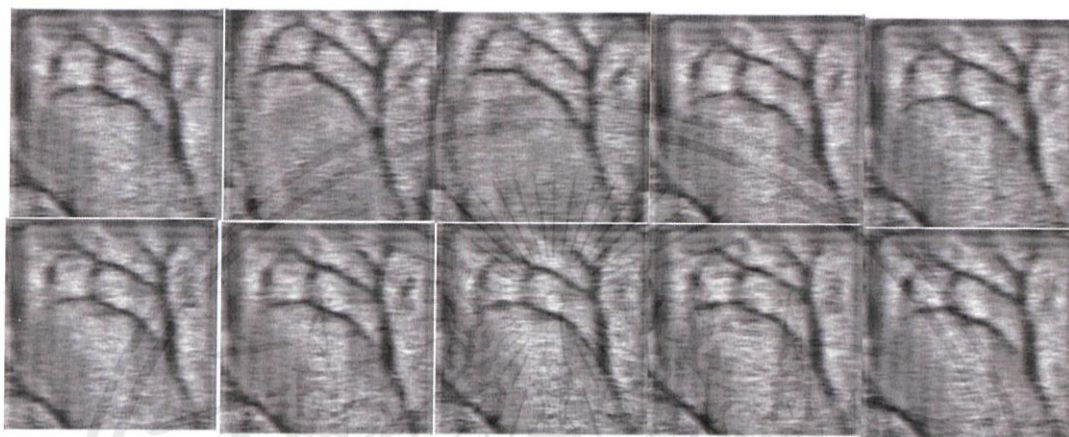


รูปที่ 4.6 อินเทอร์เฟซของโปรแกรมเก็บข้อมูลผู้ใช้

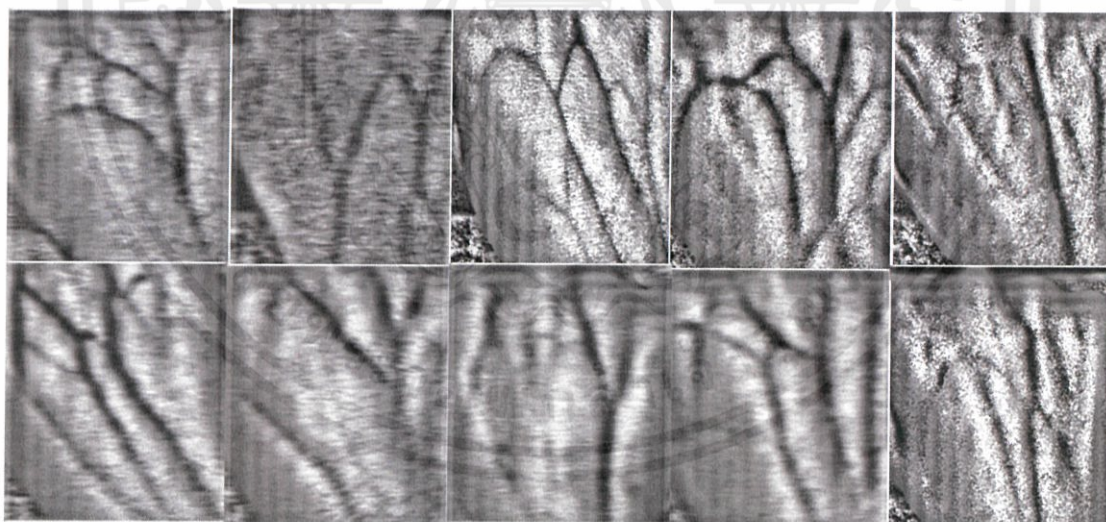
ID	ImqName	ImageData	Name
0	NULL	NULL	NULL
1	1	<Binary data>	Semsiri
1	2	<Binary data>	Semsiri
1	3	<Binary data>	Semsiri
1	4	<Binary data>	Semsiri
1	5	<Binary data>	Semsiri
1	6	<Binary data>	Semsiri
1	7	<Binary data>	Semsiri
1	8	<Binary data>	Semsiri
1	9	<Binary data>	Semsiri
1	10	<Binary data>	Semsiri
* NULL	NULL	NULL	NULL

รูปที่ 4.7 ฐานข้อมูลซึ่งเก็บข้อมูลภาพถ่ายเส้นเลือดหลังมือของผู้ใช้ในตาราง dbo.HandVein

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นโปรแกรมของการเก็บข้อมูลผู้ใช้ โดยมีการระบุชื่อก่อนการเก็บภาพลงในฐานข้อมูล จากนั้นทำการเก็บภาพถ่ายเส้นเลือดหลังมือโดยถ่ายภาพจำนวน 10 ภาพ โดยที่ภาพทั้ง 10 ภาพจะถูกเก็บลงในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นข้อมูลในตาราง ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์ ID (ลำดับผู้ใช้), ImgName (ลำดับภาพ), ImageData (ชนิดข้อมูล), Name (ชื่อผู้ใช้)



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูลของคน 1 คน จำนวน 10 ภาพ



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างภาพของผู้ใช้ในฐานข้อมูลทั้งหมด 10 คน

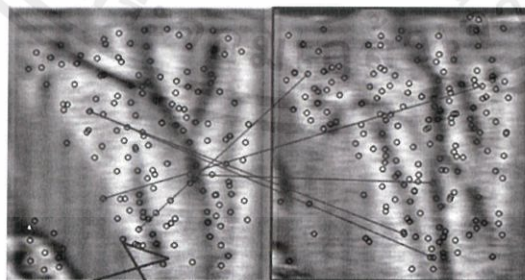
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 กระบวนการประมวลผลภาพ (Processing) และระบุตัวตนบุคคล (Identification)

การทดลองนี้เป็นส่วนของการประมวลผลข้อมูลเพื่อระบุตัวตนบุคคล โดยทำการรับข้อมูลภาพจากโปรแกรมระบุตัวตน แล้วทำการเทียบข้อมูลภาพดังกล่าวกับข้อมูลภาพจากฐานข้อมูล โดยการใช้กระบวนการ Speeded Up Robust Features (SURF) เพื่อหาจุดสำคัญของภาพและหาความสัมพันธ์ระหว่างภาพ จากนั้นทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง



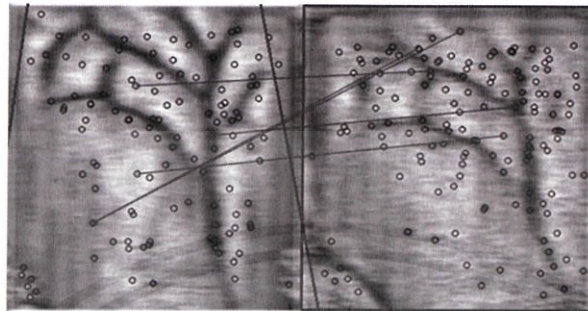
รูปที่ 4.10 ระบุตัวตนผ่าน



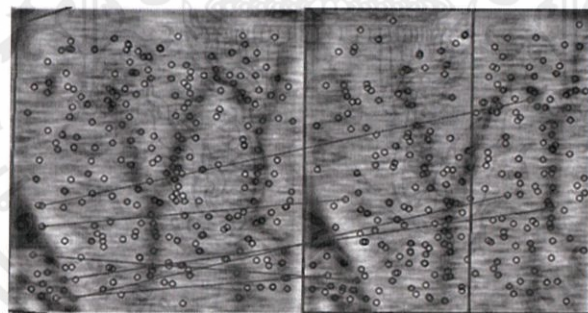
รูปที่ 4.11 ระบุตัวตนไม่ผ่าน หรือไม่มีข้อมูลในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก ID 10 Image 10 NAME ถึงเจ้าของ try again ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ผลการทดลองของอัตราการระบุตัวตนได้ของแต่ละคน

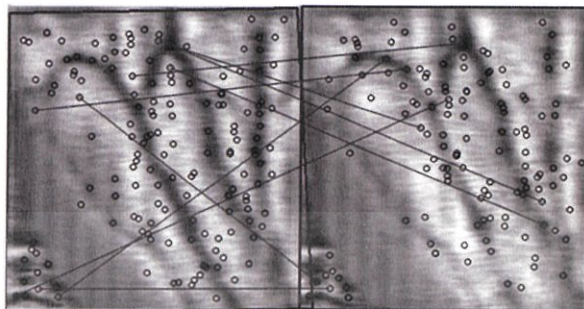


รูปที่ 4.12 การระบุตัวตนของคนี่ 1

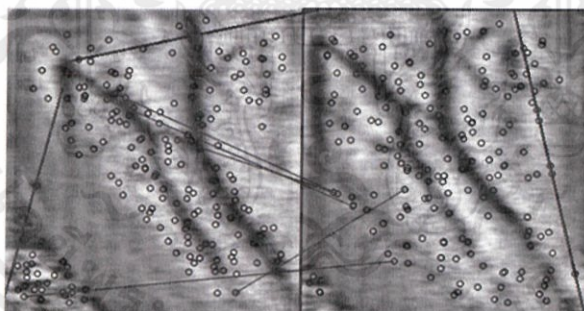


รูปที่ 4.13 การระบุตัวตนของคนี่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

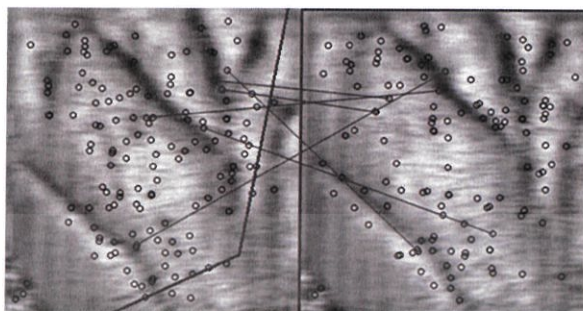


รูปที่ 4.14 การระบุตัวตนของคนี่ 3

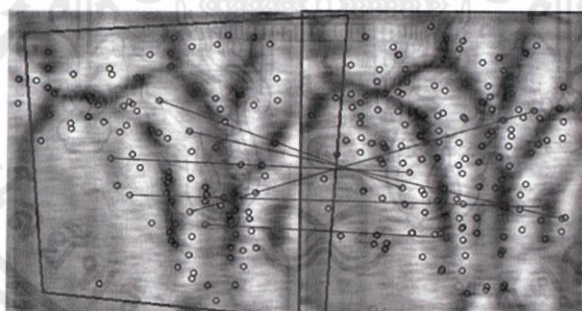


รูปที่ 4.15 การระบุตัวตนของคนี่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

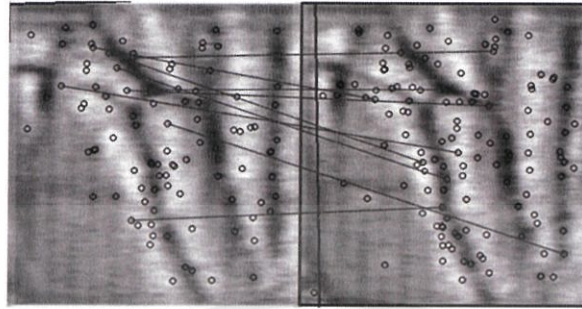


รูปที่ 4.16 การระบุตัวตนของคนี่ 5

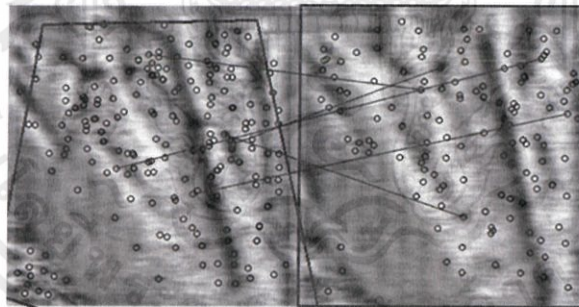


รูปที่ 4.17 การระบุตัวตนของคนี่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

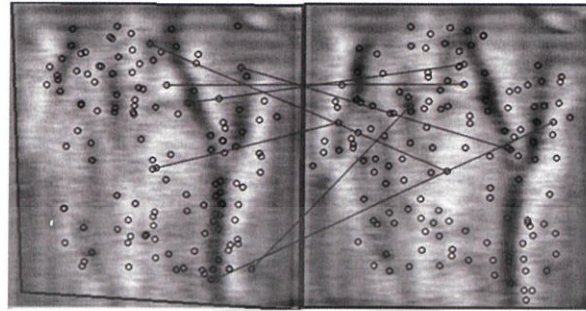


รูปที่ 4.18 การระบุตัวตนของคนี่ 7

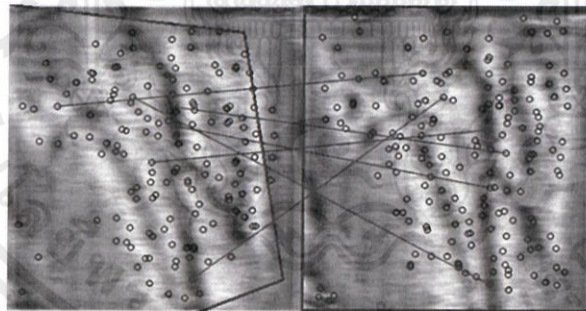


รูปที่ 4.19 การระบุตัวตนของคนี่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 การระบุตัวตนของคนี่ 9



รูปที่ 4.21 การระบุตัวตนของคนี่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ของการระบุตัวตนถูกต้อง

ID	เปอร์เซ็นต์ของการระบุตัวตนได้
1	80%
2	70%
3	70%
4	100%
5	70%
6	100%
7	60%
8	80%
9	60%
10	60%

จากตารางที่ 4.3 แสดงการระบุตัวตนถูกต้องของผู้ใช้ จากการทดลองซ้ำจำนวน 10 ครั้ง ของ นักศึกษาวิศวกรรมสารสนเทศ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 10 คน โดยที่ความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 75 %

4.4.2 ผลการทดลองระยะเวลาในการระบุตัวตนของแต่ละคน

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาในการระบุตัวตนของแต่ละ ID

ID	Time Average (Sec.)
1	2.04
2	5.70
3	9.19
4	10.58
5	23.59
6	23.79
7	24.31
8	29.74
9	39.62
10	47.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าวิธีใดก็ตาม ยกเว้นให้ตีพิมพ์เนื้อหา 39.62 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 กราฟแนวโน้มเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อระบุตัวตน

จากรูปที่ 4.22 แสดงให้เห็นแนวโน้มระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละ ID โดยแกน X แสดงให้เห็น ID Number ส่วนแกน Y แสดงให้เห็นระยะเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลภาพแต่ละ ID จากการทดลอง 10 ครั้งของนักศึกษาวิศวกรรมสารสนเทศ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 10 คน จะเห็นได้ว่า แนวโน้มเฉลี่ยเวลาในการประมวลผลแต่ละ ID มีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับ หากไม่มีข้อมูลในระบบจะมีระยะเวลาในการประมวลผลภาพจาก ID 1 ภาพที่ 1 จนถึง ID 10 ภาพที่ 10 ใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 46.82 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบุตัวตนด้วยเส้นเลือดหลังมือแบบเรียลไทม์ (Real-Time) โดยใช้หลักการจากการจับคู่จุดสำคัญด้วยกระบวนการ Speed Up Robust Feature (SURF) ตรวจสอบจุดสำคัญบนเส้นเลือดหลังมือเพื่อระบุตัวตนบุคคล จากการทดลองพบว่าสามารถระบุตัวตนบุคคลได้จริง โดยมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องอยู่ที่ 75% จากข้อมูลของนักศึกษาวิศวกรรมสารสนเทศจำนวน 10 คน และทดลองซ้ำจำนวน 10 ครั้ง เวลาที่ใช้ในการประมวลผลจาก 10 คน อยู่ในช่วง 2 – 48 วินาทีตามลำดับ หากไม่พบข้อมูลเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเฉลี่ยจะเท่ากับ 46.82 วินาที

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาโครงการ

1. เนื่องจากผู้จัดทำมีความรู้ในเรื่องเกี่ยวกับ Image Processing น้อยมาก ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษานานพอสมควร เพราะ Image Processing ส่วนใหญ่มักอธิบายด้วยสมการคณิตศาสตร์
2. การเขียนโปรแกรมด้วย C# เกี่ยวกับ Image Processing นั้นจำเป็นต้องมีไลบรารี EmguCV เป็นตัวช่วย ตัวอย่างในการศึกษามีน้อยกว่าการใช้ OpenCV ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษาการใช้คำสั่งแต่ละคำสั่ง
3. เนื่องจากโปรแกรมค่อนข้างมีความซับซ้อน ทำให้คอมพิวเตอร์ต้องใช้เวลาในการประมวลผลนานขึ้นในกรณีที่ผู้ใช้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการแก้ไข

1. หาความรู้จากหนังสือเกี่ยวกับการประมวลผลเบื้องต้นมาอ่านให้มากขึ้นเพื่อเข้าใจหลักการต่างๆ รวมทั้งหาความรู้จากวิทยานิพนธ์ งานวิจัย บทความที่เกี่ยวข้องด้วย
2. ศึกษาการใช้งานและโปรแกรมต่างๆที่เกี่ยวข้องจากอินเทอร์เน็ต เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงาน
3. แยกส่วนระหว่างโปรแกรมที่ใช้เก็บข้อมูลผู้ใช้กับโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อระบุตัวตน เพื่อไม่ให้โปรแกรมทำงานหนักเกินไป อีกทั้งยังส่งผลเสียต่อการเก็บข้อมูลภาพอีกด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อ

1. โปรแกรมควรมีการปรับปรุงแก้ไขให้สามารถรองรับกับจำนวนคนที่เพิ่มขึ้นได้
2. ควรมีวิธีจัดการในการเก็บข้อมูลที่ดีกว่านี้เพื่อให้โปรแกรมสามารถค้นหาบุคคลได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ทิวาพร ธนชัยกุล, การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลโดยใช้รูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังฝ่ามือ, 2552

[2] มงคล ศักดานุภาพ, Electronic- Substitutable Advertisement in Stadium Billboard for Worldwide Products, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2551.

[3] สมเกียรติ อุดมพรรคากุล, การประมวลผลภาพเบื้องต้น, ท้อป, 2554.

[4] Sathaporn Chanthamongkol, Dorsal Hand Vein Recognition Based on SURF Keypoint Matching, 2014.

[5] การคอนโวลูชัน : fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/.../chap5.doc

[6] การทำงานของกล้องอินฟราเรด : [<http://www.flir.in.th/infrared-knowledge4.html>]

[7] การประมวลผลภาพแบบบริเวณ : <http://tracer.lcc.uma.es/problems/mfp/mfp.html>

[8] ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและอุณหภูมิ : <http://thailandthermography.iqetweb.com/index.php?mo=3&art=155648>

[9] ช่วงความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด : http://www.cssckmutt.in.th/cssc/cssc_classroom/Solarenergy/Assignment/SolEn54/SolEn54_Doc/5_Infrared.pdf

[10] รังสีอินฟราเรด : <http://th.wikipedia.org/wiki/รังสีอินฟราเรด>

[11] เลือดและส่วนประกอบของเลือด : <http://www.cai.md.chula.ac.th/lesson/lesson4607/lesson/main4.html>

[12] ส่วนประกอบของหลอดเลือดดำ :

<http://student.mahidol.ac.th/~u4809213/aboutblackbloodline.htm>

[13] สเปกตรัมของเลือด : [http://en.wikipedia.org/wiki/Near-](http://en.wikipedia.org/wiki/Near-infrared_window_in_biological_tissue#/media/File:Veins_absorption.png)

[infrared_window_in_biological_tissue#/media/File:Veins_absorption.png](http://en.wikipedia.org/wiki/Near-infrared_window_in_biological_tissue#/media/File:Veins_absorption.png)

[14] หลอดเลือดดำเบซิลิก : <http://th.wikipedia.org/wiki/หลอดเลือดดำเบซิลิก>

[15] Digital Image: <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0>

[16] EmguCV: <http://kengzer.blogspot.com/2012/12/emgu-cv-lab-1-opencv-emgucv.html>

[16] Introduction of Image Processing: <https://silllovely.wordpress.com/2013/06/11/>

[17] Performing Convolution Operations

:[https://developer.apple.com/library/ios/documentation/Performance/](https://developer.apple.com/library/ios/documentation/Performance/Conceptual/vImage/ConvolutionOperations/ConvolutionOperations.html)

[Conceptual/vImage/ConvolutionOperations/ConvolutionOperations.html](https://developer.apple.com/library/ios/documentation/Performance/Conceptual/vImage/ConvolutionOperations/ConvolutionOperations.html)

[18] The Biometric Wallet : <http://spectrum.ieee.org/biomedical/imaging/the-biometric-wallet>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้องเว็บแคม (Webcam) รุ่น Logitech HD Webcam C525



- **Specification**
 - HD video calling (1280 x 720 pixels) with recommended system*
 - HD video capture: Up to 1280 x 720 pixels*
 - Logitech Fluid Crystal™ Technology
 - Logitech More HD technology
 - Autofocus
 - Photos: Up to 8 megapixels (software enhanced)
 - Built-in mic with Logitech RightSound™ technology
 - Hi-Speed USB 2.0 certified (recommended)
 - Universal clip fits laptops, LCD or CRT monitors
- **Logitech webcam software:**
 - Logitech Vid™ HD
 - Logitech RightLight™ 2 technology
 - Video and photo capture
 - MAGIX™ photo and video editing software*
 - 1-click Facebook®, Twitter™ and YouTube™ HD upload (registration required)
 - Logitech Video Effects™: fun filters, avatars, face accessories, video masks and mask maker*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Support
 - Windows® XP (SP2 or higher), Windows Vista®, Windows® 7 (32-bit or 64-bit)
 - Mac OS® X 10.5 or higher
- Works with*
 - + Windows Live™
 - + Yahoo! Messenger
 - + AOL Instant Messenger
 - + Skype

EmguCV

Emgu CV Library Documentation

Emgu.CV Namespace

[Send Feedback](#)















<http://www.emgu.com>

Wrapper of OpenCV's image processing functions. Base functions (L1) can be found in CvInvoke class





Classes

Class	Description
AdaptiveSkinDetector	Adaptive Skin Detector
CameraCalibration	Camera calibration functions
Capture	Capture images from either camera or video file.
CascadeClassifier	The Cascade Classifier
ColorInfoAttribute	Attribute used to specify color information
Contour(T)	Wrapped class for Contour
ConvolutionKernelF	A convolution kernel
CvArray(T,Depth)	Wrapped CvArr
CvInvoke	Library to invoke OpenCV functions
DenseHistogram	A Uniform Multi-dimensional Dense Histogram
EigenFaceRecognizer	Eigen face recognizer
EigenObjectRecognizer	An object recognizer using PCA (Principle Components Analysis)
EigenObjectRecognizer.RecognitionResult	The result returned the Recognized function is called. Contains the label, index and the eigen distance.
ExtrinsicCameraParameters	Extrinsic camera parameters
FaceRecognizer	Face Recognizer

































เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	PlanarSubdivision	Planar Subdivision, can be use to compute Delaunay's triangulation or Voroni diagram.
	PointCollection	A collection of points
	Retina	A wrapper class which allows the Gipsa/Listic Labs model to be used. This retina model allows spatio-temporal image processing (applied on still images, video sequences). As a summary, these are the retina model properties: 1. It applies a spectral whitening (mid-frequency details enhancement); 2. high frequency spatio-temporal noise reduction; 3. low frequency luminance to be reduced (luminance range compression); 4. local logarithmic luminance compression allows details to be enhanced in low light conditions. USE : this model can be used basically for spatio-temporal video effects but also for : _using the getParvo method output matrix : texture analysiswith enhanced signal to noise ratio and enhanced details robust against input images luminance ranges _using the getMagno method output matrix : motion analysis also with the previously cited properties For more information, reer to the following papers : Benoit A., Caplier A., Durette B., Herault, J., "USING HUMAN VISUAL SYSTEM MODELING FOR BIO-INSPIRED LOW LEVEL IMAGE PROCESSING", Elsevier, Computer Vision and Image Understanding 114 (2010), pp. 758-773, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.cviu.2010.01.011 Vision: Images, Signals and Neural Networks: Models of Neural Processing in Visual Perception (Progress in Neural Processing), By: Jeanny Herault, ISBN: 9814273686. WAPI (Tower ID): 113266891. The retina filter includes the research contributions of phd/research collegues from which code has been redrawn by the author : _take a look at the retinacolor.hpp module to discover Brice Chaix de Lavarene color mosaicing/demosaicing and the reference paper: B. Chaix de Lavarene, D. Alleysson, B. Durette, J. Herault (2007), "Efficient demosaicing through recursive filtering", IEEE International Conference on Image Processing ICIP 2007 _take a look at imageloggolprojection.hpp to discover retina spatial log sampling which originates from Barthelemy Durette phd with Jeanny Herault. A Retina / V1 cortex projection is also proposed and originates from Jeanny's discussions. more informations in the above cited Jeanny Herault's book.
	RotationMatrix2D(T)	A (2x3) 2D rotation matrix. This Matrix defines an Affine Transform
	RotationVector3D	A (3x1) Rodrigues rotation vector. Rotation vector is a compact representation of rotation matrix. Direction of the rotation vector is the rotation axis and the length of the vector is the rotation angle around the axis.
	Seq(T)	Wrapper to cvSeq of OpenCV.
	SparseMatrix(TDepth)	Create a sparse matrix
	StereoBM	Use Block Matching algorithm to find stereo correspondence
	StereoGC	Use Graph Cut algorithm to find stereo correspondence
	StereoSGBM	This is a variation of "Stereo Processing by Semiglobal Matching and Mutual Information" by Heiko Hirschmuller. We match blocks rather than Individual pixels, thus the algorithm is called SGBM (Semi-global block matching)
	StructuringElementEx	A wrapper for the CvStructuringElementEx structure in opencv
	TimedImage(TColor, TDepth)	The Image which contains time stamp which specified what time this image is created
	VideoWriter	Create a video writer that write images to video format
	VoronoiFacet	A Voronoi Facet

≡ Structures

Structure	Description
 FaceRecognizer.PredictionResult	The prediction result
 KinectCapture.ColorPoint	A point with Bgr color information
 Quaternions	A unit quaternions that defines rotation in 3D
 Retina.IplMagnoParameters	Inner Plexiform Layer Magnocellular channel (IplMagno)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

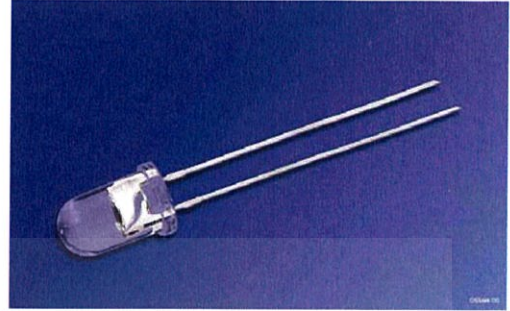
	FeatureTree	A wrapper for CvFeatureTree
	FisherFaceRecognizer	Fisher face recognizer
	HaarCascade	Obsolete. HaarCascade for object detection
	HOGDescriptor	A HOG descriptor
	HomographyMatrix	A 3x3 homography matrix. This matrix defines an perspective transform
	Image(TColor, TDepth)	An Image is a wrapper to IplImage of OpenCV.
	IntrinsicCameraParameters	Intrinsic camera parameters
	Kalman	Kalman Filter
	KinectCapture	Kinect Camera capture
	LatentSvmDetector	Latent SVM detector
	LBPHFaceRecognizer	LBPH face recognizer
	LevMarqSparse	LevMarqSparse solver
	Map(TColor, TDepth)	A Map is similar to an Image, except that the location of the pixels is defined by its area and resolution
	MatND(TDepth)	A MatND is a wrapper to cvMatND of OpenCV.
	Matrix(TDepth)	A Matrix is a wrapper to cvMat of OpenCV.
	MemStorage	A MemStorage is a wrapper to cvMemStorage of OpenCV.
	MotionHistory	The motion history class
	Octree	Oct-Tree
	OpticalFlow	Contains a collection of optical flow methods
	Retina.OPLandIplParvoParameters	Outer Plexiform Layer (OPL) and Inner Plexiform Layer Parvocellular (IplParvo) parameters
	Retina.RetinaParameters	Retina parameters
Interfaces		
	Interface	Description
	ICapture	The interface that is used for WCF to provide a image capture service
	IColor	A color type
	IConvexPolygon	An interface for the convex polygon
	IConvexPolygonF	An interface for the convex polygon
	IDuplexCapture	The interface to request a duplex image capture
	IDuplexCaptureCallback	The interface for DuplexCaptureCallback
	IImage	IImage interface
Delegates		
	Delegate	Description
	CvInvoke.CvAllocFunc	Delegate used to allocate data by OpenCV
	CvInvoke.CvDistanceFunction	Wrapped Opencv's CvDistanceFunction
	CvInvoke.CvErrorCallback	Define an error callback that can be registered using cvRedirectError function
	CvInvoke.CvFreeFunc	Delegate used to dellocate OpenCV memory

Enumerations

	Enumeration	Description
	AdaptiveSkinDetector.MorphingMethod	Morphing method
	Capture.CaptureModuleType	The type of capture source
	KinectCapture.DeviceType	Kinect device type
	KinectCapture.ImageGeneratorOutputMode	Camera output mode
	KinectCapture.OpenNIDataType	Open ni data type used by the retrieve functions
	Retina.ColorSamplingMethod	The retina color sampling method.
	StereoSGBM.Mode	The SGBM mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IR-Lumineszenzdiode (850 nm) mit hoher Ausgangsleistung
High Power Infrared Emitter (850 nm)
Lead (Pb) Free Product - RoHS Compliant
SFH 4550



Wesentliche Merkmale

- Infrarot LED mit hoher Ausgangsleistung
- Enger Abstrahlwinkel $\pm 3^\circ$
- Sehr hohe Strahlstärke
- Kurze Schaltzeiten
- UL Version erhältlich

Anwendungen

- Infrarotbeleuchtung für Kameras
- Sensorik
- Datenübertragung
- Rauchmelder

Sicherheitshinweise

Je nach Betriebsart emittieren diese Bauteile hochkonzentrierte, nicht sichtbare Infrarot-Strahlung, die gefährlich für das menschliche Auge sein kann. Produkte, die diese Bauteile enthalten, müssen gemäß den Sicherheitsrichtlinien der IEC-Normen 60825-1 und 62471 behandelt werden.

Features

- High Power Infrared LED
- Narrow emission angle $\pm 3^\circ$
- Very high radiant intensity
- Short switching times
- UL version available

Applications

- Infrared illumination for cameras
- Sensor technology
- Data transmission
- Smoke detectors

Safety Advices

Depending on the mode of operation, these devices emit highly concentrated non visible infrared light which can be hazardous to the human eye. Products which incorporate these devices have to follow the safety precautions given in IEC 60825-1 and IEC 62471.

Typ Type	Bestellnummer Ordering Code	Strahlstärkegruppierung ¹⁾ ($I_F = 100 \text{ mA}$, $t_p = 20 \text{ ms}$) Radiant Intensity Grouping ¹⁾ I_e (mW/sr)
SFH 4550	Q65110A1772	≥ 400 (typ. 700)

¹⁾ gemessen bei einem Raumwinkel $\Omega = 0.001 \text{ sr}$ / measured at a solid angle of $\Omega = 0.001 \text{ sr}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Grenzwerte ($T_A = 25\text{ °C}$)**Maximum Ratings**

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Betriebs- und Lagertemperatur Operating and storage temperature range	T_{op}, T_{stg}	- 40 ... + 100	°C
Sperrspannung Reverse voltage	V_R	5	V
Vorwärtsgleichstrom Forward current	I_F	100	mA
Stoßstrom, $t_p = 10\text{ }\mu\text{s}$, $D = 0$ Surge current	I_{FSM}	1.5	A
Verlustleistung Power dissipation	P_{tot}	180	mW
Wärmewiderstand Sperrschicht - Umgebung bei Montage auf FR4 Platine, Padgröße je 16 mm^2 Thermal resistance junction - ambient mounted on PC-board (FR4), pads size 16 mm^2 each	R_{thJA}	450	K/W

Kennwerte ($T_A = 25\text{ °C}$)**Characteristics**

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Wellenlänge der Strahlung Wavelength at peak emission $I_F = 100\text{ mA}$	λ_{peak}	860	nm
Centroid-Wellenlänge der Strahlung Centroid wavelength $I_F = 100\text{ mA}$	$\lambda_{centroid}$	850	nm
Spektrale Bandbreite bei 50% von I_{max} Spectral bandwidth at 50% of I_{max} $I_F = 100\text{ mA}$	$\Delta\lambda$	42	nm
Abstrahlwinkel Half angle	φ	± 3	Grad deg.
Aktive Chipfläche Active chip area	A	0.09	mm^2
Abmessungen der aktiven Chipfläche Dimension of the active chip area	$L \times B$ $L \times W$	0.3×0.3	mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kennwerte ($T_A = 25\text{ °C}$)
Characteristics (cont'd)

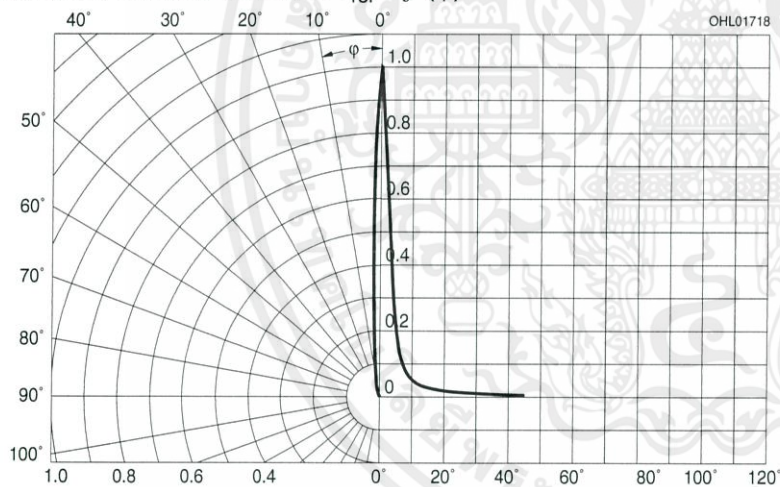
Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Schaltzeiten, I_e von 10% auf 90% und von 90% auf 10%, bei $I_F = 100\text{ mA}$, $R_L = 50\ \Omega$ Switching times, I_e from 10% to 90% and from 90% to 10%, $I_F = 100\text{ mA}$, $R_L = 50\ \Omega$	t_r, t_f	12	ns
Durchlassspannung Forward voltage $I_F = 100\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$ $I_F = 1\text{ A}$, $t_p = 100\ \mu\text{s}$	V_F V_F	1.5 (< 1.8) 2.4 (< 3.0)	V V
Sperrstrom Reverse current	I_R	not designed for reverse operation	μA
Gesamtstrahlungsfluss Total radiant flux $I_F = 100\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$	$\Phi_{e\text{ typ}}$	50	mW
Temperaturkoeffizient von I_e bzw. Φ_e , $I_F = 100\text{ mA}$ Temperature coefficient of I_e or Φ_e , $I_F = 100\text{ mA}$	TC_I	- 0.5	%/K
Temperaturkoeffizient von V_F , $I_F = 100\text{ mA}$ Temperature coefficient of V_F , $I_F = 100\text{ mA}$	TC_V	- 0.7	mV/K
Temperaturkoeffizient von λ , $I_F = 100\text{ mA}$ Temperature coefficient of λ , $I_F = 100\text{ mA}$	TC_λ	+ 0.3	nm/K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Strahlstärke I_e in Achsrichtung¹⁾gemessen bei einem Raumwinkel $\Omega = 0.001$ sr**Radiant Intensity I_e in Axial Direction**at a solid angle of $\Omega = 0.001$ sr

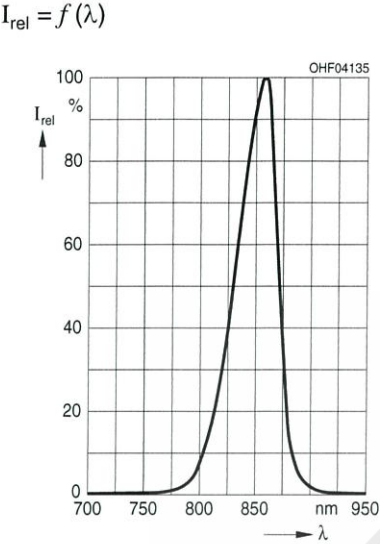
Bezeichnung Parameter	Symbol	Werte Values			Einheit Unit
		SFH 4550-DW	SFH 4550-EW	SFH 4550-FW	
Strahlstärke Radiant intensity $I_F = 100$ mA, $t_p = 20$ ms	$I_{e \text{ min}}$ $I_{e \text{ max}}$	400 800	630 1250	1000 2000	mW/sr mW/sr
Strahlstärke Radiant intensity $I_F = 1$ A, $t_p = 100$ μ s	$I_{e \text{ typ}}$	5000	7000	9000	mW/sr

¹⁾ Nur eine Gruppe in einer Verpackungseinheit (Streuung kleiner 2:1) /
Only one group in one packing unit (variation lower 2:1)

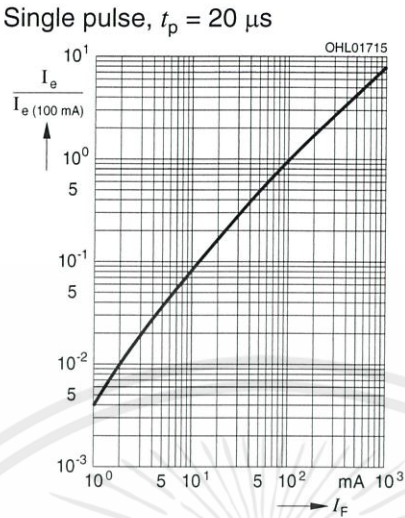
Abstrahlcharakteristik**Radiation Characteristics $I_{\text{rel}} = f(\varphi)$** 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

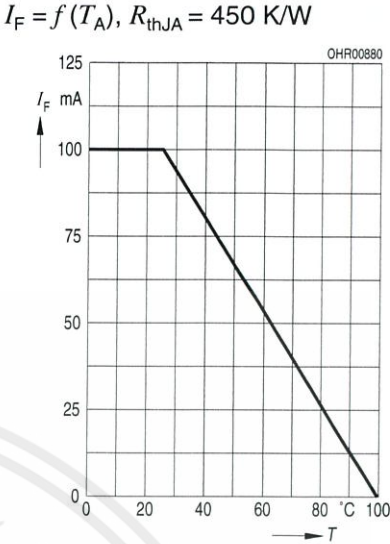
Relative Spectral Emission



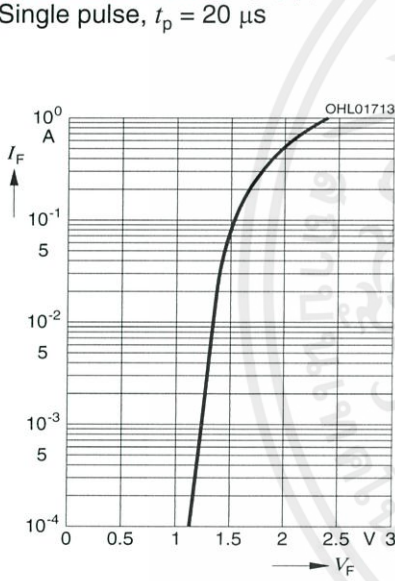
Radiant Intensity $\frac{I_e}{I_e 100 \text{ mA}} = f(I_F)$



Max. Permissible Forward Current

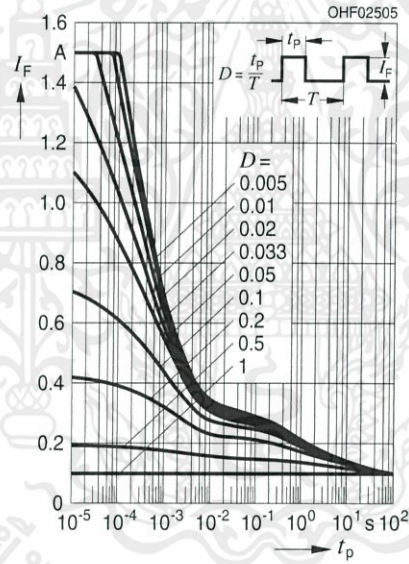


Forward Current $I_F = f(V_F)$



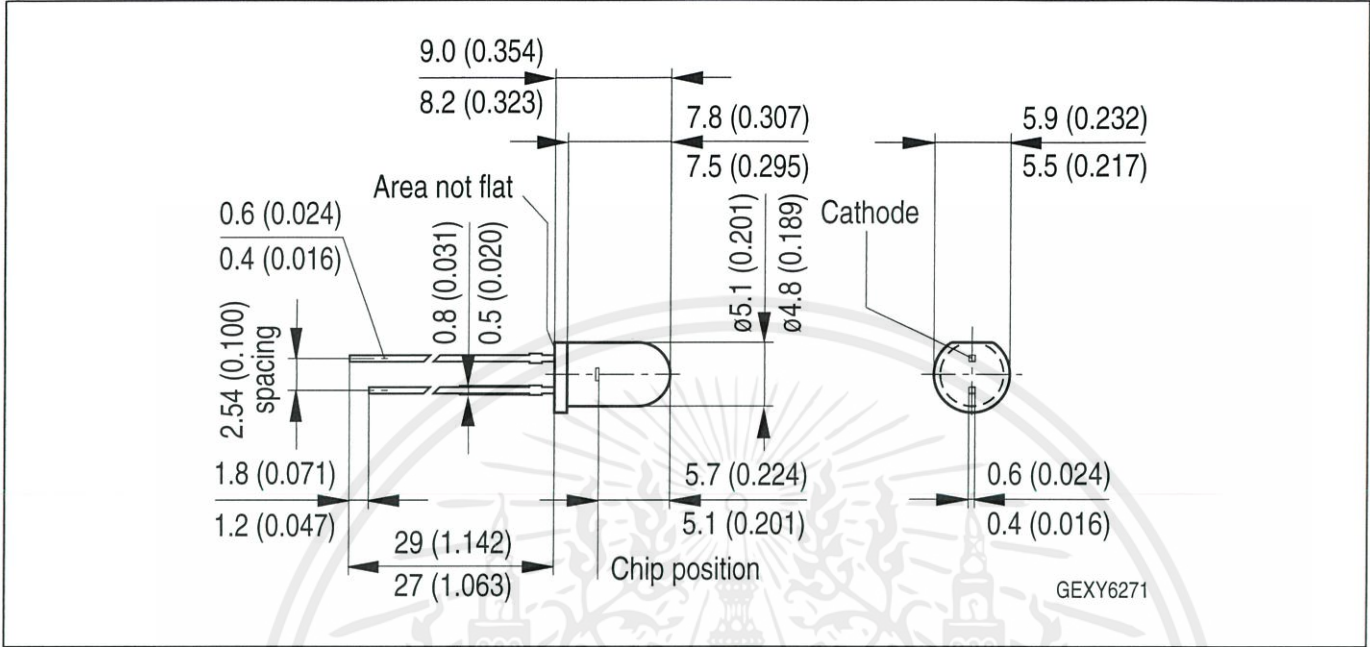
Permissible Pulse Handling

Capability $I_F = f(\tau), T_A = 25 \text{ }^\circ\text{C}$,
duty cycle $D = \text{parameter}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maßzeichnung
Package Outlines



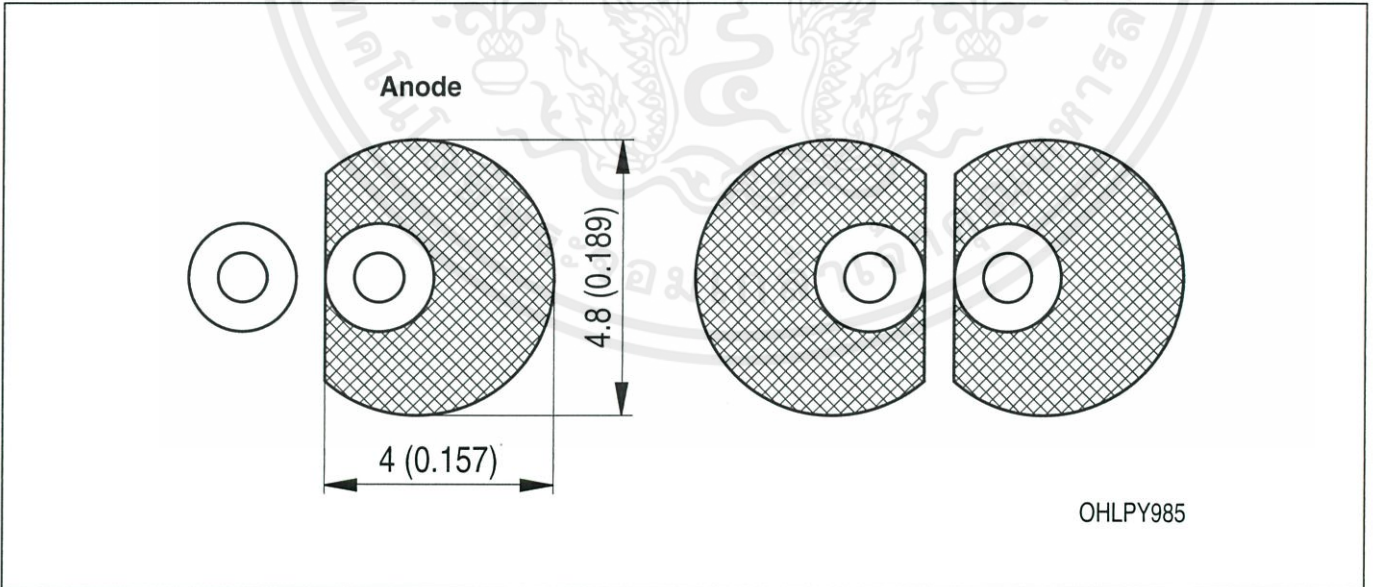
Maße in mm (inch) / Dimensions in mm (inch).

Empfohlenes Lötpad Design

Recommended Solder Pad Design

Wellenlöten TTW

TTW Soldering

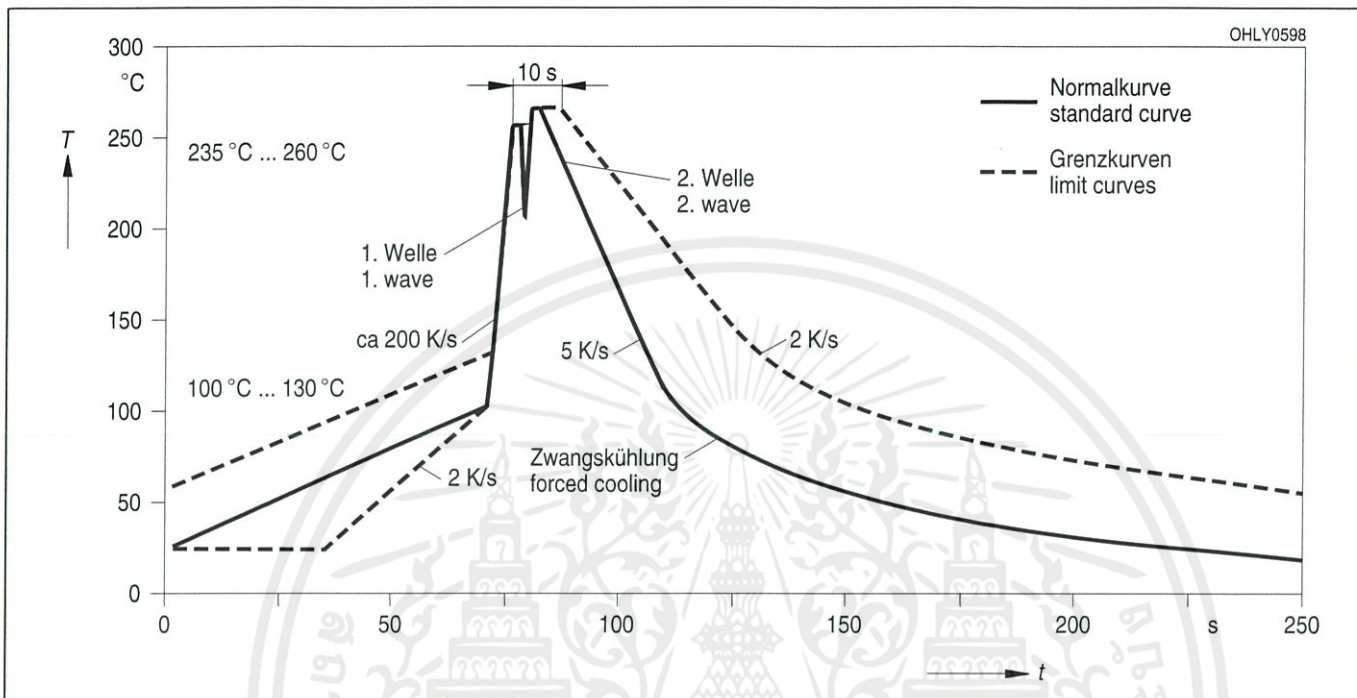


Maße in mm (inch) / Dimensions in mm (inch):การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lötbedingungen
Soldering Conditions
Wellenlöten (TTW)
TTW Soldering

(nach CECC 00802)
 (acc. to CECC 00802)



Published by
OSRAM Opto Semiconductors GmbH
 Leibnizstraße 4, D-93055 Regensburg
www.osram-os.com
 © All Rights Reserved.

EU RoHS and China RoHS compliant product



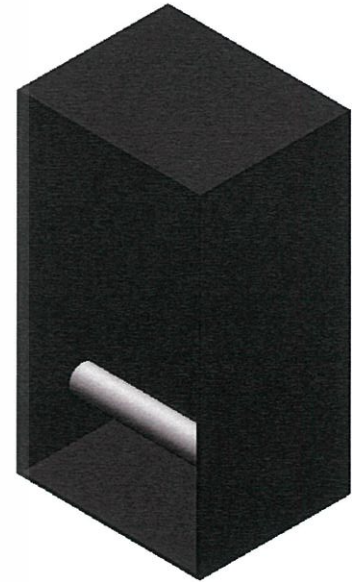
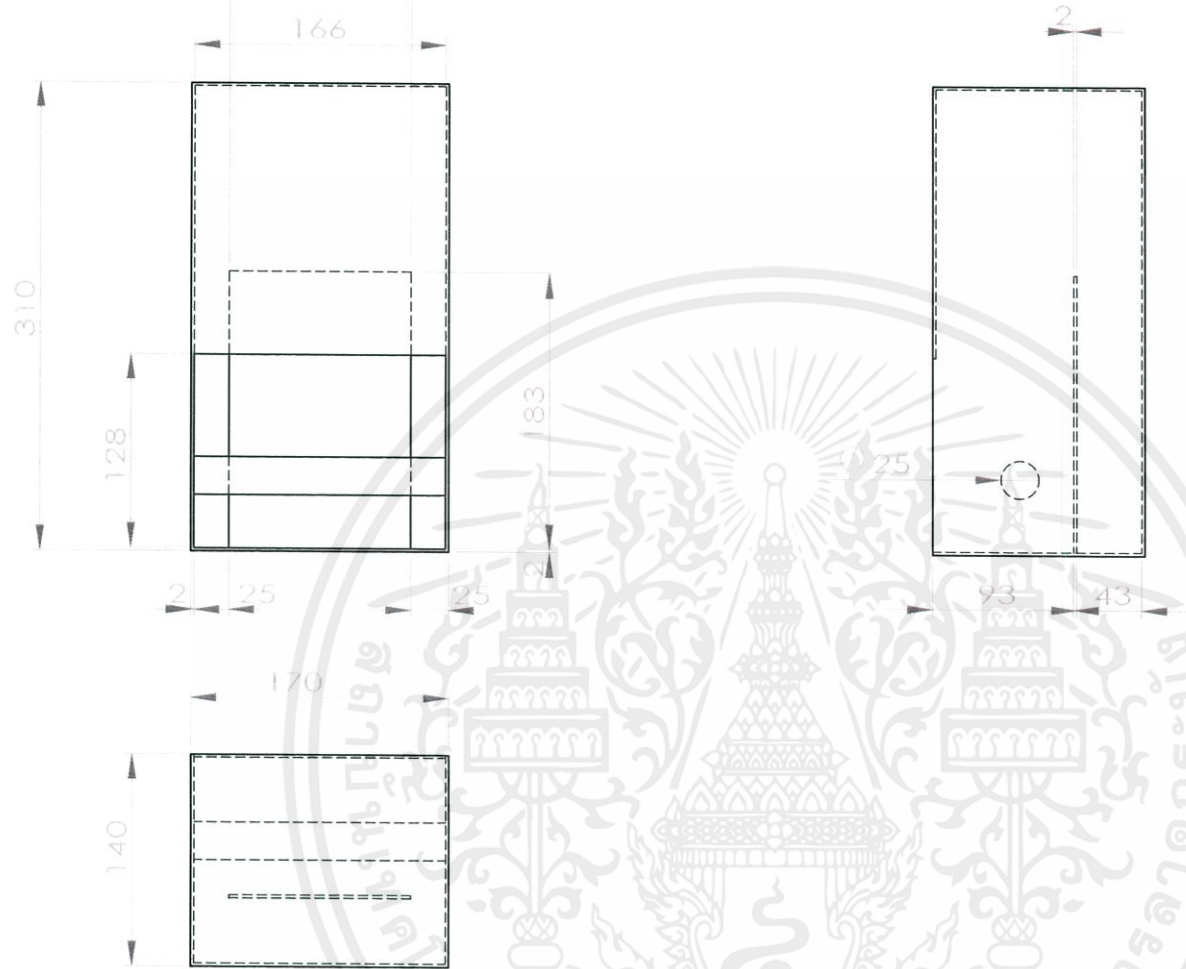
此产品符合欧盟 RoHS 指令的要求；
 按照中国的相关法规和标准，不含有毒有害物质或元素。

The information describes the type of component and shall not be considered as assured characteristics. Terms of delivery and rights to change design reserved. Due to technical requirements components may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact our Sales Organization.

Packing
 Please use the recycling operators known to you. We can also help you – get in touch with your nearest sales office. By agreement we will take packing material back, if it is sorted. You must bear the costs of transport. For packing material that is returned to us unsorted or which we are not obliged to accept, we shall have to invoice you for any costs incurred.

Components used in life-support devices or systems must be expressly authorized for such purpose! Critical components¹, may only be used in life-support devices or systems² with the express written approval of OSRAM OS.
¹ A critical component is a component used in a life-support device or system whose failure can reasonably be expected to cause the failure of that life-support device or system, or to affect its safety or effectiveness of that device or system.
² Life support devices or systems are intended (a) to be implanted in the human body, or (b) to support and/or maintain and sustain human life. If they fail, it is reasonable to assume that the health of the user may be endangered.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:

DIMENSIONS ARE IN INCHES
 TOLERANCES:
 FRACTIONAL ±
 ANGULAR: MACH ± BEND ±
 TWO PLACE DECIMAL ±
 THREE PLACE DECIMAL ±

INTERPRET GEOMETRIC
 TOLERANCING PER:

MATERIAL

FINISH

DO NOT SCALE DRAWING

NAME DATE

DRAWN
 CHECKED
 ENG APPR.
 MFG APPR.

Q.A.
 COMMENTS:

TITLE:

SIZE DWG. NO.

A Part11

REV

SCALE: 1:1 WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
 <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
 <INSERT COMPANY NAME HERE> IS
 PROHIBITED.

NEXT ASSY

USED ON

APPLICATION