

การตรวจวัดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ด้วยออปัลโมสโคปแบบพกพา  
PORTABLE DIRECT OPHTHALMOSCOPE



กณิกนันต์ ปัญญากรณ์  
Kanicknunt Punyagon

อมรัตน์ ยิ้มสัมฤทธิ์  
Amonrat Yimsamrit

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

การตรวจวัดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ด้วยออฟทัลโมสโคปแบบพกพา

PORTABLE DIRECT OPHTHALMOSCOPE

โดย

กณิกนันต์ ปัญญากรรม

อมลรัตน์ ยิ้มสัมฤทธิ์



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. สุรพันธ์ เอื้อไพฑูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2559

สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การตรวจวัดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ด้วยออปัลล์โมสโคป แบบพกพา  
PORTABLE DIRECT OPHTHALMOSCOPE

ผู้จัดทำ นางสาวณิกนันต์ ปัญญากรณ์ รหัสประจำตัว 56010003  
นางสาวอมลรัตน์ ยิ้มสัมฤทธิ์ รหัสประจำตัว 56011419

ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ.ดร. สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อโครงการงาน	การตรวจวัดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ด้วยออปติคัลโมสโคปแบบพกพา
นักศึกษา	นางสาวกณิกนันต์ ปัญญากรณ์ รหัสประจำตัว 56010003 นางสาวอมลรัตน์ ยิ้มสัมฤทธิ์ รหัสประจำตัว 56011419
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท	รศ.ดร. สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์

### บทคัดย่อ

โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเป็นโรคที่พบได้ในทุกเพศทุกวัย และมีแนวโน้มที่ผู้ป่วยจะเพิ่มมากขึ้นทุกปี โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเป็นภาวะแทรกซ้อนหนึ่งของโรคเบาหวาน และเป็นสาเหตุที่ทำให้สูญเสียการมองเห็น ในแต่ละวันแพทย์ต้องทำงานอย่างหนักในการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ซึ่งมีความล่าช้าและยุ่งยากในการทำงาน อีกทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้ป่วยในปัจจุบันมีราคาสูง ทำให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลอย่างไม่ทั่วถึง ดังนั้นจึงมีการคิดค้นและพัฒนาออปติคัลโมสโคปแบบพกพาที่มีขนาดเล็ก พกพาได้สะดวกรวมทั้งมีราคาที่ถูกลง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ห่างไกลและทุรกันดารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการนำ Raspberry pi 3 Module B มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมและมีการบันทึกภาพจอประสาทตาด้วย pi camera โดยภาพที่ได้จะผ่านกระจกและเลนส์ที่กำลังขยาย 20D และถ่ายที่สุภาพที่ได้จากกล้องจะถูกนำไปประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Python ทำให้แพทย์สามารถสังเกตรอยของโรคได้ง่ายยิ่งขึ้น เกิดเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้ในการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเพื่อช่วยการวินิจฉัยของแพทย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

**Thesis**      Portable Direct Ophthalmoscope

**Student**    Miss Kanicknunt   Punyagon   ID.56010003  
                 Miss Amonrat      Yimsamrit   ID.56011419

**Degree**      Bachelor of Engineering

**Program**    Biomedical Engineering

**Year**        2016

**Advisor**    Assoc.Prof.Dr.Surapan   Airphaiboon

### ABSTRACT

Diabetes is becoming a major public health problem that is approaching epidemic proportions globally. Currently there are over 422 million people worldwide suffering from diabetes. Diabetic retinopathy is a complication caused due to diabetes and 28.5% diabetes patients suffer from diabetic retinopathy. While 50% of diabetics are unaware about the risk of losing their vision. The number of cases of diabetic retinopathy increased every single year. Thus, early detection and treatment can help prevent loss of vision in most cases. Detection of diabetic retinopathy requires expensive devices for a retinal imaging, even the cheapest of them cost more than \$9000 each. This results in an expensive and inaccessible of a good quality eye care for the less privileged. Portable direct ophthalmoscope is an open source retinal image capturing device with dynamic diabetic retinopathy grading system. It is able to capture a good quality of retinal images using an affordable component, mainly to help in the identification of diabetic retinopathy accessible to all and hence prevent cases of "avoidable blindness".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## กิติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์อย่างดีจาก รศ.ดร. สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้, รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์, อาจารย์ดุสิต สุขสวัสดิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำให้คำปรึกษาที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมถึงแก้ไขและตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ เพื่อให้การจัดทำปฏิญานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ที่สุด คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติทุกท่าน ที่คอยให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ทั้งความห่วงใย และกำลังใจเสมอมา



คณะผู้จัดทำ

กณิกนันต์ ปัญญากรณ์

อมลรัตน์ ยิ้มสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

# สารบัญ

บทคัดย่อ.....	i
กิตติกรรมประกาศ .....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญรูป .....	viii
สารบัญตาราง.....	xii
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	2
1.4 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
1.7 รายละเอียดของปริมาณงาน.....	4
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>5</b>
2.1 โรคเบาหวาน .....	5
2.1.1 ระดับของภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา .....	6
2.2 Raspberry pi .....	15
2.2.1 ประวัติความเป็นมา .....	15
2.2.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ด Raspberry Pi Model B+ .....	16
2.2.3 ส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi Model B+ .....	17
2.2.4 การอ่านขาGPIO raspberry pi.....	19
2.2.5 ข้อดีและข้อเสียของ raspberry pi.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.6 การติดตั้งระบบปฏิบัติการ.....	21
2.3 Raspberry Pi Camera Board .....	24
2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิค.....	24
2.3.2 ข้อสังเกตควรระวังในการใช้งาน/.....	25
2.3.3 ข้อเด่น.....	25
2.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ .....	25
2.4.1 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer programming).....	25
2.4.2 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม.....	26
2.5 ภาษาไพธอน (Python).....	36
2.5.1 ประวัติ Python.....	36
2.5.2 ข้อเด่นของภาษาไพธอน.....	37
2.5.3 Category และ Application Domains.....	38
2.6 20 Diopter Lens.....	39
2.6.1 คุณสมบัติ.....	39
2.6.2 การออกแบบ.....	39
2.6.3 เทคนิค.....	39
2.6.4 รายละเอียด.....	39
2.6.5 การทำความสะอาด.....	39
2.75 inch HDMI LCD.....	40
2.7.1 คุณสมบัติ.....	40
2.8 การประมวลผลภาพ.....	41
2.8.1 Histogram Equalization.....	41
2.8.2 Adaptive Histogram Equalization.....	42
2.8.3 Otsu threshold.....	42
2.8.4 เทคนิคของการ Hit และ Miss .....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8.5 การขยายภาพ (Dilation).....	45
2.8.6 การทำเทคนิคขาว-ดำ )Entropy(.....	46
2.8.7 การแยกส่วนภาพด้วย ROI Base .....	48
2.8.9 การเคลื่อนย้ายภาพ )Translation(.....	49
2.8.10 การหมุนภาพ )Rotation(.....	49
2.9 การปรับปรุงภาพ )Image Enhancement(.....	50
2.9.1 การยืดคอนทราสต์ )Contrast stretching(.....	51
2.9.2 การฟิลเตอร์ภาพ )Image Filtering(.....	52
2.9.3 การขยาย )Magnification) การซูม) และการอินเทอร์โพลเซชัน (Zooming((.....	56
2.9.4 การตรวจหาขอบภาพ )Edge Detection(.....	56
2.9.5 การเน้นขอบภาพด้วย Gabor filter.....	60
<b>บทที่ 3ระเบียบวิธีวิจัยขั้นตอนการดำเนินงานแผนการดำเนินงาน</b> .....	<b>61</b>
3.1 การทำงาน.....	61
3.2 การออกแบบ.....	62
3.2.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์.....	62
3.2.การออกแบบด้านซอฟต์แวร์ 2.....	70
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง</b> .....	<b>75</b>
4.1 กล่าวนำ.....	75
4.2 ชุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้.....	75
4.3 ผลการหาภาพเส้นเลือด.....	76
4. 4การใช้งานจริง.....	77
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b> .....	<b>80</b>
5.1 สรุปการวิจัย.....	80
5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข.....	80
5.2.1 ปัญหาและอุปสรรค.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2.2 แนวทางการพัฒนาและแก้ปัญหา ..... 81

เอกสารอ้างอิง .....xiii



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	ดวงตูปกติ กับ ดวงตาที่เป็นเบาหวาน .....	6
รูปที่ 2.2	Microaneurysm และ Dot-Blot hemorrhage.....	7
รูปที่ 2.3	Microaneurysm และ Dot-Blot hemorrhage.....	7
รูปที่ 2.4	Hard exudate .....	8
รูปที่ 2.5	Cotton- wool spot .....	8
รูปที่ 2.6	Flame-shaped hemorrhage.....	9
รูปที่ 2.7	Venous beading.....	9
รูปที่ 2.8	IRMA.....	10
รูปที่ 2.9	New vessel at disc.....	11
รูปที่ 2.10	New vessel elsewhere.....	11
รูปที่ 2.11	Preretinal hemorrhage.....	12
รูปที่ 2.12	Vitreous hemorrhage.....	12
รูปที่ 2.13	Fibrous proliferation.....	13
รูปที่ 2.14	แสดงการแบ่งพื้นที่ของ retina เป็น 4 ส่วน.....	14
รูปที่ 2.15	สัญลักษณ์ Raspberry Pi.....	16
รูปที่ 2.16	Raspberry Pi.....	17
รูปที่ 2.17	ตำแหน่งขาต่างๆ ของ Raspberry Pi สำหรับเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต .....	19
รูปที่ 2.18	GPIO Number.....	20
รูปที่ 2.19	แอลอีดีแสดงสถานะของแรสเบอร์รี่พาย .....	20
รูปที่ 2.20	ตัวอย่างเม็มโมรีการ์ดที่ใช้ติดตั้งระบบปฏิบัติการ.....	22
รูปที่ 2.21	โปรแกรม SD Formatter V4.0 .....	22
รูปที่ 2.22	โปรแกรม Win32 Disk Imager .....	23
รูปที่ 2.23	การแตกไฟล์ชิปของไฟล์ระบบปฏิบัติการแรสเบอรี่ .....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.24 การแสดงผลลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่าย.....	23
รูปที่ 2.25 แสดงการตั้งค่าไอพีแอดเดรสบนแรสเบอร์รี่พาย .....	24
รูปที่ 2.26 Raspberry Pi Camera Board .....	25
รูปที่ 2.27 20 Diopter Lens.....	39
รูปที่ 2.28 หน้าจอ LCD ด้านหน้าและด้านหลัง .....	40
รูปที่ 2.29 หน้าจอ LCD เมื่อต่อเข้ากับ Raspberry Pi.....	41
รูปที่ 2.30 ตัวอย่างการทำ Otsu threshold .....	45
รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการย้ายภาพ $tx = 30$ และ $ty = 45$ .....	49
รูปที่ 2.32 การหมุน $(x,y)$ รอบจุดกำเนิดไปที่จุด $(x',y')$ ด้วยมุม $\theta$ .....	50
รูปที่ 2.33 ตัวอย่างการหมุนภาพ .....	50
รูปที่ 2.34 กราฟที่แสดงให้ว่า ภาพจะเกิดคอนทราสต์ที่แตกต่างกัน .....	51
รูปที่ 2.35 ตัวอย่างการยืดคอนทราสต์ .....	51
รูปที่ 2.36 การคอนโวลูชัน 2 มิติ.....	52
รูปที่ 2.37 การฟิลเตอร์แบบค่าเฉลี่ย สำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian .....	53
รูปที่ 2.38 เปรียบเทียบการเฉลี่ยแบบสเปเชียลและการฟิลเตอร์แบบค่ามีเดีย .....	54
รูปที่ 2.39 การเน้นขอบ .....	55
รูปที่ 2.40 ตัวอย่างภาพการเน้นขอบ .....	55
รูปที่ 2.41 ตัวอย่างการฟิลเตอร์ .....	56
รูป 2.42 แบบจำลองเส้นและขอบในโดเมนต่อเนื่อง 1 มิติ .....	57
รูป 2.43 แกรเดียนของภาพพริกใช้วิธี Robert .....	58
รูป 2.44 แกรเดียนของภาพพริกที่ได้จากการหาขอบชนิดต่างๆ .....	59
รูป 2.45 ภาพขอบของพริกที่ได้จากการหาแกรเดียน แบบใช้ขอบชนิดต่างๆ .....	60
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของออปัลโมสโคปแบบพกพา .....	61
รูปที่ 3.2 แสดง 20D เลนส์ออปัลโมสโคป.....	62
รูปที่ 3.3 แสดงกระจกเงา .....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.4 แสดงราชเบอร์รี่พายสามโมดูลปี .....	63
รูปที่ 3.5 แสดงกล่องราวเบอร์รี่พาย.....	63
รูปที่ 3.6 แสดงเลนส์กล้อง .....	63
รูปที่ 3.7 แสดงหน้าจอสัมผัสขนาด 5 นิ้ว.....	64
รูปที่ 3.8 แสดง Micro SD Card .....	64
รูปที่ 3.9 แสดงพาวเวอร์แบงค์.....	64
รูปที่ 3.10 แสดง LED Luxeon .....	64
รูปที่ 3.11 แสดงแผ่นอะคลิลิกสีดำ .....	64
รูปที่ 3.12 แสดงเส้นใยพลาสติก .....	65
รูปที่ 3.13 แสดงตำแหน่งการวางกระจก เลนส์ และกล่องภายในกล่องออปติก(Optic Box) .....	65
รูปที่ 3.14 แสดงกลไกการขับเคลื่อนของกล่องออปติก(Optic Box).....	66
รูปที่ 3.15 แสดงความยาวโฟกัสระหว่างเลนส์ 20D กับดวงตาของมนุษย์.....	66
รูปที่ 3.16 แสดงส่วนที่เป็นปลอกหุ้ม(Case) ของออปติคัลโมสโคปแบบพกพา .....	67
รูปที่ 3.18 แสดงการพลิกกลับของอุปกรณ์ .....	68
รูปที่ 3.19 แสดงการแกะและประกอบชิ้นส่วนของแบตเตอรี่.....	68
รูปที่ 3.20 แสดงตำแหน่งการวางหลอดไฟ LED.....	69
รูปที่ 3.21 แสดงวงจรการทำงานของหลอดไฟ LED เบื้องต้น .....	69
รูปที่ 3.22 แสดงที่ส่วนที่ครอบกล่องของราชเบอร์รี่พายและเลนส์กล้อง .....	70
รูปที่ 3.23 แสดงส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์ทั้งหมด .....	70
รูปที่ 3.24 แสดงโพลารไรต์ไดอะแกรมของการออกแบบซอฟต์แวร์ .....	71
รูปที่ 3.25 แสดงการปรับขนาดภาพให้เล็กลง .....	71
รูปที่ 3.26 แสดงการหมุนภาพ .....	72
รูปที่ 3.27 แสดงการเปลี่ยนภาพสีเป็นขาวดำ .....	72
รูปที่ 3.28 แสดงการปรับค่าระดับกันของภาพ.....	73
รูปที่ 3.29 แสดงการหาขอบของภาพ .....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.30 แสดงหน้าต่าง Graphic User Interface(GUI).....	74
รูปที่ 4.1 แสดงการใช้งานออฟวัลโมสโคปแบบพกพา.....	77
รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่าง Graphic User Interface(GUI) แบบ Touch Screen.....	77
รูปที่ 4.3 แสดงภาพจอประสาทตาแบบปกติ.....	78
รูปที่ 4.4 แสดงภาพจอประสาทตาหลังจากมีการปรับความเข้มของแสง .....	78
รูปที่ 4.5 แสดงการปรับความคมชัดของภาพ(Contrast) ให้สูงขึ้น .....	78
รูปที่ 4.6 แสดงการปรับค่าความอิ่มของภาพ(Saturation) ให้มากขึ้น.....	79
รูปที่ 4.7 แสดงการใช้งานฟังก์ชัน Effect.....	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ความผิดปกติของประสาทตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน.....	13
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการหาภาพเส้นเลือดและรอยของโรค.....	76



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

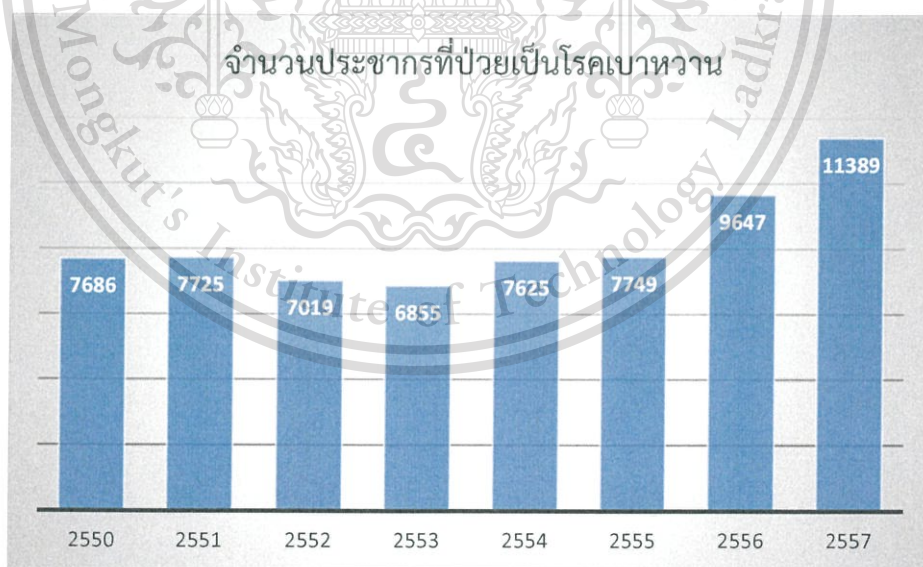
## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การใช้ชีวิตประจำวันของคนในปัจจุบัน เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดโรคต่างๆมากขึ้น นอกจากจะทำให้เกิดการเจ็บป่วยทางร่างกายแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจ ทั้งของตนเองและคนรอบข้างด้วย ซึ่งโรคเบาหวานทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการวิตกกังวล เนื่องจากเป็นโรคที่ยากต่อการรักษาให้หายขาด แต่ถ้าสามารถตรวจพบและได้รับการรักษาในระยะเริ่มต้น จะช่วยการลดการลุกลามของโรคไม่ให้เข้าสู่ระยะที่รุนแรงและถึงขั้นเสียชีวิตได้

โรคเบาหวานเป็นโรคที่พบได้ในทุกเพศทุกวัย และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งโรคเบาหวานนี้มีสาเหตุและปัจจัยที่เสี่ยงต่อการเกิดอยู่หลายประการ ได้แก่ พฤติกรรมในการใช้ชีวิตขาดการออกกำลังกาย กรรมพันธุ์ มีความดันโลหิตสูงหรือมีไขมันในเลือดสูง ซึ่งเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานและอาจจะนำไปสู่โรคอื่นๆ ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยพบผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวานทั้งหมด 11,839 คน คิดเป็นอัตราการตายด้วยโรคเบาหวาน 17.53 ต่อประชากรแสนคน รูปที่ 1.1 แสดงระดับการเกิดโรคเบาหวานในประเทศไทย ซึ่งพบว่าแต่ละปีมีอัตราผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 1.1 แสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน ในปีพ.ศ. 2550 – 2557  
ของสำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy : DR) เป็นภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน เกิดจากการที่ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงผิดปกติ ส่งผลให้ผนังหลอดเลือดฝอยเสื่อมทั่วร่างกาย รวมทั้งหลอดเลือดที่จอตาด้วย ผู้ป่วยที่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอตาในระยะแรกมักไม่รู้รู้สึกผิดปกติใดๆ เมื่อตรวจตาอาจพบจุดเลือดออกที่จอตา หากมีการรั่วซึมของหลอดเลือดจะพบจอตาบวมและเริ่มมีอาการตามัว หากโรคลุกลามมากขึ้นจนเกิดการอุดตันของหลอดเลือดจะทำให้เกิดภาวะจอตาขาดเลือด ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดการสร้างหลอดเลือดใหม่ ซึ่งหลอดเลือดเหล่านี้มีลักษณะเปราะและแตกง่าย ทำให้เกิดเลือดออกในตาและเกิดพังผืดดึงรั้งจอตา ผู้ป่วยมักมีสายตาแยลงอย่างมากทั้งจากเลือดออกและจอตาลอก

การวินิจฉัยโรคเบาหวานขึ้นตาที่ได้รับการยอมรับ ได้แก่ การตรวจทางคลินิกอย่างละเอียดโดยจักษุแพทย์ ทำให้วิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ แต่เนื่องจากจักษุแพทย์ในประเทศไทยมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ป่วย จึงทำให้โรงพยาบาลบางแห่ง ไม่สามารถทำการตรวจด้วยวิธีนี้ได้ ส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลที่ไม่ทั่วถึง

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะคิดค้นและพัฒนาออปติคัลโมสโคปแบบพกพาที่มีขนาดเล็ก ทำให้พกพาได้สะดวกและยังมีราคาที่ถูก สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่ห่างไกลได้ ซึ่งมีผลให้ระบบคัดกรองผู้ป่วยที่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาง่ายขึ้น ทำให้จักษุแพทย์สังเกตเห็นรอยของโรคได้ง่ายขึ้น เพื่อช่วยในการวินิจฉัยทำให้ได้ผลออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ และยังเป็นการแบ่งเบาภาระของจักษุแพทย์

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อออกแบบออปติคัลโมสโคปแบบพกพา เพื่อตรวจวัดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา
- 1.2.2 เพื่อทดสอบผลที่ได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับผลค่าตอบกับการวินิจฉัยของจักษุแพทย์
- 1.2.3 เพื่อลดภาระของจักษุแพทย์ ทำให้จักษุแพทย์สังเกตเห็นรอยของโรคได้ง่ายขึ้น
- 1.2.4 เพื่อพัฒนาระบบให้สามารถวิเคราะห์ผลได้ถูกต้องสูงสุด

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ทำโปรแกรมตรวจจับความผิดปกติในดวงตา โดยจะวิเคราะห์ภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพในลูกตา ซึ่งภาพดวงตาที่ได้มานั้น จะแบ่งภาพออกเป็นสามกลุ่ม คือภาพดวงตาที่ไม่เป็นโรค ภาพดวงตาที่มีอาการ Non-Proliferative Diabetic Retinopathy (NPDR) และภาพดวงตาที่มีอาการ Proliferative Diabetic Retinopathy (PDR) ซึ่งจะทำการปรับปรุงภาพก่อน หลังจากนั้นจึงหาลักษณะต่างๆที่ใช้ตรวจหาความผิดปกติในตา เช่น สี ขนาดขอบภาพ รูปร่าง ตำแหน่ง และลักษณะ

อื่นๆที่ได้จากการศึกษา โดยจะเน้นตรวจหาภาพดวงตาที่มีอาการ NPDR เนื่องจากการตรวจพบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในสื่อออนไลน์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความผิดปกติทำได้ยากและจะทำการสร้าง Graphic User Interface (GUI) เพื่อให้สามารถใช้โปรแกรมได้สะดวกขึ้น

#### 1.4 สมมติฐานของการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อออกแบบซอฟต์แวร์โมสโคปแบบพกพา เพื่อคัดกรองผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Python เพื่อลดความความเสี่ยงต่อการตาบอดสนิทของผู้ป่วยที่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

#### 1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาเกี่ยวกับภาวะโรคเบาหวานขึ้นตา

1.5.2 ศึกษารูปแบบการเกิดภาวะเบาหวานขึ้นตาในผู้ป่วย และความผิดปกติที่จะสามารถตรวจได้จากภาพถ่ายจอประสาทตา ที่มีทั้งภาวะปกติและที่มีภาวะของโรคเบาหวาน

1.5.3 ออกแบบชิ้นงานและออกแบบขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อบ่งบอกถึงบริเวณที่ผิดปกติของจอประสาทตา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.5.4 ออกแบบการทดลองโปรแกรม วิเคราะห์ปัญหาที่พบและหาแนวทางแก้ไข

1.5.5 วิเคราะห์ผลที่ได้

1.5.6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำซอฟต์แวร์โมสโคปแบบพกพามาใช้ เพื่อลดความความเสี่ยงต่อการตาบอดสนิทของผู้ป่วยที่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

1.6.2 ช่วยลดภาระของจักษุแพทย์ในการวินิจฉัย และลดค่าใช้จ่ายในการจ้างเจ้าหน้าที่เทคนิค

1.6.3 ช่วยให้ผู้ป่วยที่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาตา ได้รับการดูแลอย่างทั่วถึงและสามารถทำการรักษาได้อย่างทันท่วงที

1.6.4 เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 1.7 รายละเอียดของปฏิญญานิพนธ์

ปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตการวิจัย ขั้นตอนการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนประกอบของปฏิญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4 ผลการทดลอง จะกล่าวถึงการทดลองตามอัลกอริทึมตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 และผลการทดลองนั้น

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและการวิจารณ์การทดลอง จะกล่าวถึงบทสรุปของโครงการ และวิจารณ์สิ่งที่ได้รับการวิจัย ปัญหาและอุปสรรคต่างๆของการวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 โรคเบาหวาน

เบาหวานเป็นโรคพบบ่อยมากโรคหนึ่ง พบได้ในทุกอายุ แต่โดยทั่วไปมักพบในผู้ใหญ่ เป็นโรคที่ก่อให้เกิดความผิดปกติได้กับเนื้อเยื่อและอวัยวะ ทุกๆเนื้อเยื่อ และทุกๆอวัยวะของร่างกาย รวมทั้งเนื้อเยื่อของดวงตา โดยเฉพาะจอตา ซึ่งพบเกิดได้บ่อย โดยเมื่อเกิดกับจอตา มักเรียกโดยทั่วไปว่า เบาหวานขึ้นตา หรือเบาหวานกินตา ซึ่งทางแพทย์เรียกว่า โรค หรือ ภาวะจอตาเสื่อมจากเบาหวาน (Diabetic Retinopathy : DR) ทั้งนี้ เมื่อปล่อยปละละเลย ดูแลไม่ถูกต้อง โรคนี้อาจเป็นสาเหตุให้ตาบอดถาวรได้ ดังนั้น โรคนี้จึงเป็นเรื่องน่ารู้สำหรับผู้ป่วยเบาหวานทุกคน เพื่อการดูแลตนเอง ป้องกันการเกิดตาบอดถาวร

การเกิดเบาหวานขึ้นตา เริ่มจากหลอดเลือดในจอตาเกิดความผิดปกติ มีการอักเสบ สาเหตุมาจากเบาหวาน ต่อจากนั้นมีการโป่งพองเป็นหย่อมๆจากผนังหลอดเลือดที่ผิดปกติ ตามด้วยมีเลือดและน้ำเหลืองซึมออกมาจากหลอดเลือด กระจายอยู่ทั่วไปในจอตา หากปล่อยทิ้งไว้จะมีเลือด น้ำเหลืองซึมมากขึ้น ตามด้วยจอตาขาดเลือด จึงเกิดการตายของจอตา ในระยะแรกอาจเป็นการตายกระจัดกระจาย นานเข้ามีการตายมากขึ้น เซลล์รับรู้การเห็นในจอตาเหลือน้อยลงๆ การมองเห็นจะลดลงมากขึ้นๆตามลำดับ นอกจากนั้นในธรรมชาติ เมื่อหลอดเลือดที่จอตาเสีย จะมีกลไกของร่างกายก่อให้เกิดการสร้างหลอดเลือดใหม่ขึ้นในจอตา หลอดเลือดที่เกิดใหม่มีผนังไม่แข็งแรง ฉีกขาดได้ง่าย จึงเกิดเลือดออกในจอตา ทำให้ตามัวลงอย่างฉับพลัน หรือเมื่อมีหลอดเลือดเกิดใหม่ มักจะมีเนื้อเยื่อเป็นพังผืดเกิดใหม่ด้วย ทั้งพังผืดและหลอดเลือดเกิดใหม่ จะยึดดึงจอตาให้หลุดลอกเป็นหย่อมๆ และดึงรั้งจนหลุดลอกหมดทั้งจอตา ทำให้ตาบอดสนิทในที่สุด

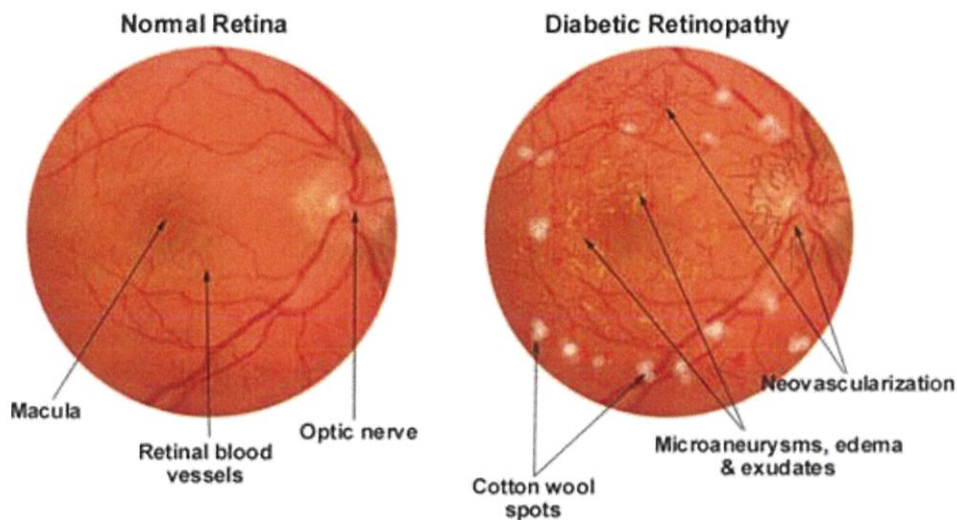
ซึ่งเบาหวานขึ้นจอตา แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

1. เบาหวานขึ้นจอตาระยะต้น หรือระยะที่ยังไม่มีหลอดเลือดฝอยงอกใหม่ (non-proliferative diabetic retinopathy หรือ NPDR)
2. เบาหวานขึ้นจอตาระยะรุนแรง หรือระยะที่มีหลอดเลือดฝอยงอกใหม่ (proliferative diabetic retinopathy หรือ PDR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.1 ดวงตปกติ กับ ดวงตาที่เป็นเบาหวาน

### 2.1.1 ระดับของภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

ระดับของภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา สามารถแบ่งเป็นระดับต่างๆ ถ้าเราพบพยาธิสภาพแม้เพียงอันหนึ่งอันใด แสดงว่า ผู้ป่วยมีภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตา แต่ถ้าไม่พบเลย แสดงว่าผู้ป่วยยังไม่มีภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตา พยาธิสภาพที่พบได้มีหลายอย่างดังต่อไปนี้

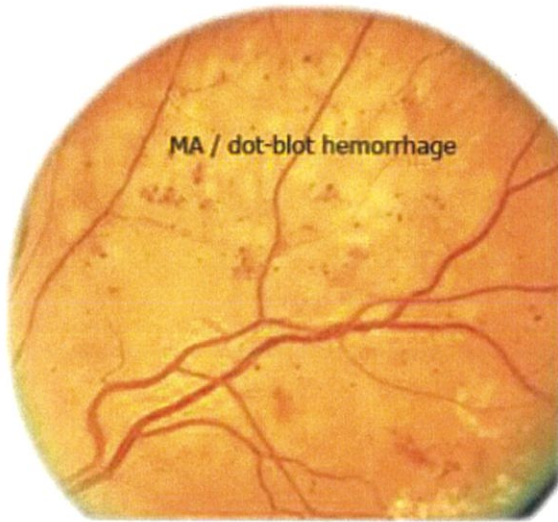
#### 1. Microaneurysm และ Dot-Blot hemorrhage

Microaneurysm (ย่อว่า MA) คือส่วนของเส้นเลือดฝอยที่โป่งพองออก ทำให้เห็นเป็นลักษณะ จุดสีแดงขนาดเล็ก Dot-blot hemorrhage เป็นคำที่เรียกรวมระหว่าง dot hemorrhage กับ blot hemorrhage โดยทั้งสองอย่างคือ การที่มีเลือดออกภายในชั้นของจอประสาทตาเหมือนกัน แต่ต่างกันที่ขนาด โดย dot hemorrhage มีขนาดเล็กกว่า และอาจเล็กเท่ากับ microaneurysm ส่วน blot hemorrhage จะมีขนาดใหญ่กว่าแต่ยังคงมีรูปร่างค่อนข้างกลมและขอบเขตชัดเจน ในทางปฏิบัติเราแยกพยาธิสภาพทั้ง 3 ออกจากกันได้ยาก จึงอาจเรียกรวมกันไปเลยว่า microaneurysm /dot-blot hemorrhage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

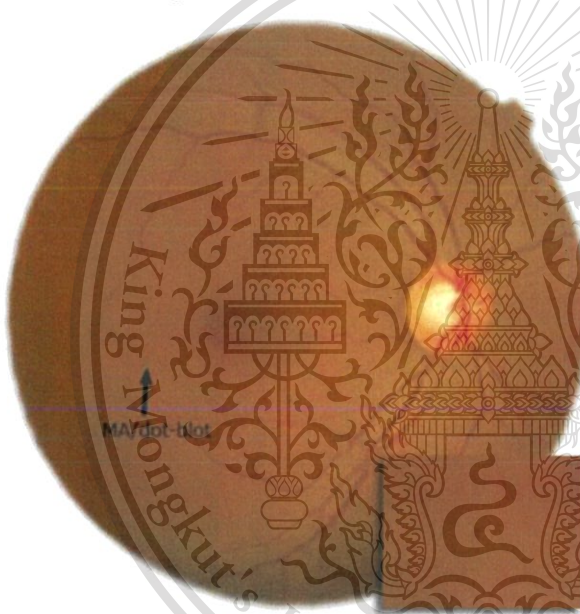


รูปแสดง MA/dot-blot hemorrhage

ลักษณะเป็นจุดสีแดงขนาดเล็ก

ในภาพนี้มีเป็นจำนวนมาก และกระจายอยู่ทั่วไป

รูปที่ 2.2 Microaneurysm และ Dot-Blot hemorrhage



รูปแสดง MA/dot-blot hemorrhage

พร้อมภาพขยายของพยาธิสภาพ

ในจอประสาทตาถ่ายภาพประจําตาข้างขวา ข้างบนเป็น

จุดสีแดงขนาดเล็ก (สีแดง) ซึ่งมีขนาดเล็กจนมอง

ไม่เห็นชัดในภาพเพิ่มเติมแก่จุดเดียว คํานี้บ่งชี้

ถึงมีจุดเดียวในภาพและใช้การขยาย

ภาพช่วยจึงจะมีขนาดเล็กในภาพวินิจฉัย

รูปที่ 2.3 Microaneurysm และ Dot-Blot hemorrhage

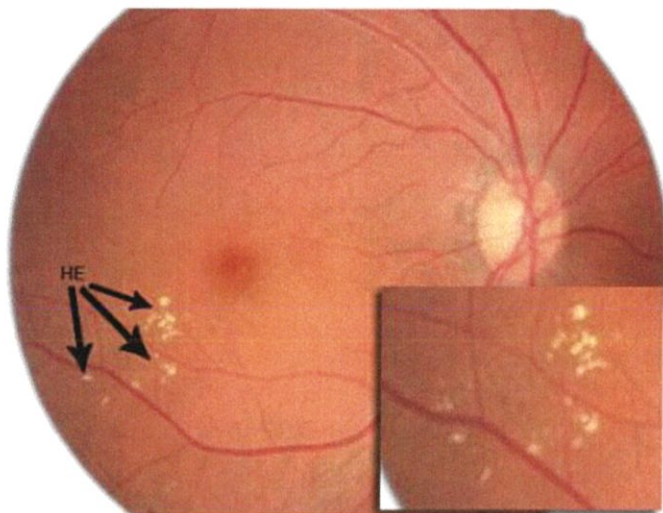
## 2. Hard exudate

เป็นรอยของสารจำพวกไขมันที่รั่วออกจากเส้นเลือดที่ผิดปกติมาซึ่งอยู่ในชั้นจอประสาทตา มีลักษณะสีเหลืองเข้ม ดูเป็นเงา รูปร่างไม่แน่นอน มักพบหลายจุด ขนาดเล็กใหญ่ไม่เท่ากัน และมักอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

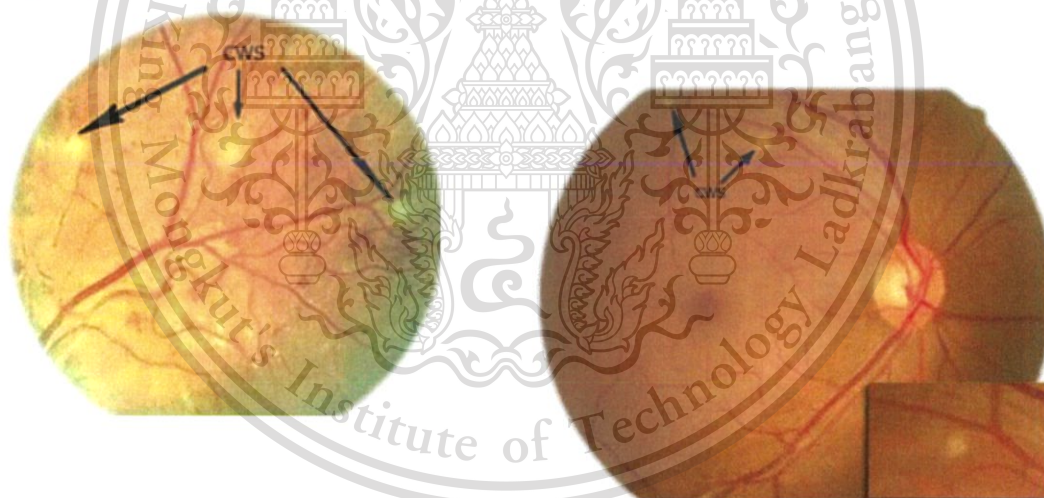


ภาพแสดงกลุ่มของ HE หรือ  
ภาพขยาย ลักษณะและรูปร่าง  
ของแต่ละจุดไม่เหมือนกัน และ  
อยู่เป็นกลุ่ม

รูปที่ 2.4 Hard exudate

### 3. Cotton- wool spot

เป็นรอยการขาดเลือดของบริเวณชั้นในของจอประสาทตา (nerve fiber layer) ลักษณะเป็นบริเวณสีขาว ขอบเขตเบลอไม่ชัดเจนคล้ายกับก้อนสำลี ขนาดค่อนข้างใหญ่ มักพบอยู่เดี่ยวๆ ไม่รวมกลุ่ม



รูปที่ 2.5 Cotton- wool spot

### 4. Flame-shaped hemorrhage

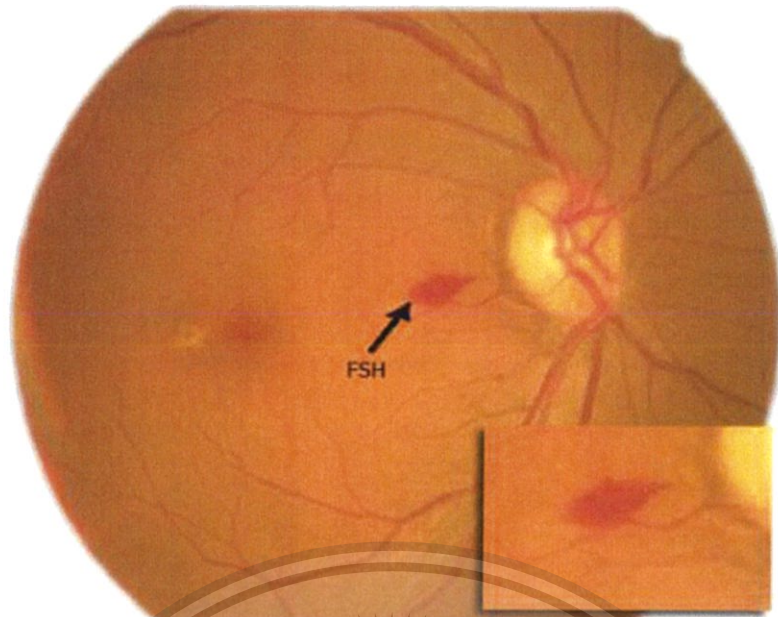
เป็นเลือดออกในชั้นจอประสาทตาอีกชนิดหนึ่ง ตำแหน่งที่เลือดออกนั้นอยู่ที่ชั้นในของจอประสาทตา (nerve fiber layer) ซึ่งเป็นคนละชั้นกับ dot-blot hemorrhage ลักษณะสีแดง ขนาดค่อนข้างใหญ่ ขอบเขตเบลอไม่ชัดเจน รูปร่างคล้ายเปลวไฟ มักพบเดี่ยวๆ ไม่ค่อยอยู่รวม

เป็นกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

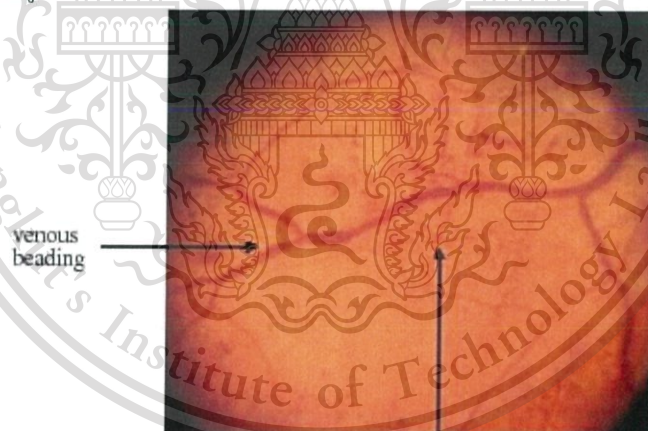
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.6 Flame-shaped hemorrhage

#### 5. Venous beading

คือการที่เส้นเลือดดำ (retinal vein) มีลักษณะโป่งพองออกและคอดเข้าสลับกันไป ดูคล้ายกับสายสร้อยลูกปัด



area of IRMA

รูปที่ 2.7 Venous beading

#### 6. IRMA

ย่อมาจาก intraretinal microvascular abnormalities เป็นเส้นเลือดผิดปกติที่มา

เชื่อมต่อระหว่างเส้นเลือดแดงย่อย (retinal arteriole [แตกแขนงมาจาก retinal artery]) กับ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เส้นเลือดดำย่อย (retinal venule [แตกแขนงมา จาก retinal vein]) ลักษณะเป็นเส้นเลือดขนาดเล็ก หยัก/คดเคี้ยว เชื่อมระหว่าง retinal arteriole กับ retinal venule และอยู่ในเนื้อของจอประสาทตา ดังนั้น ต้องไม่มีลักษณะว่าเส้น เลือด IRMA นี้ทอดข้ามเส้นเลือดอื่น (ถ้าทอดข้ามเส้นเลือดอื่นจะถือว่าเป็น new vessel ไม่ใช่ IRMA (รายละเอียดของ new vessel ในหัวข้อถัดไป)



รูปที่ 2.8 IRMA

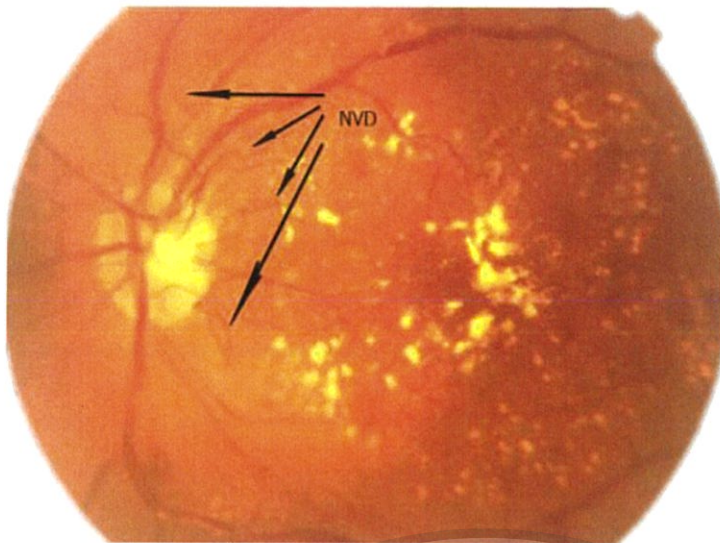
#### 7. New vessel (neovascularization)

เป็นเส้นเลือดงอกใหม่อย่างผิดปกติของจอประสาทตา แบ่งย่อยเป็นอีก 2 แบบ ตามตำแหน่งที่พบ New vessel at disc (NVD หรือ neovascularization at optic disc) เป็นเส้นเลือดงอกใหม่ผิดปกติที่บน optic disc หรืออยู่ห่างจาก optic disc เป็นระยะทางไม่เกินเส้นผ่านศูนย์กลางของ optic disc ลักษณะเส้นเลือดจะงอ/คดเคี้ยว และแตกแขนง ผู้ที่ยังมีประสบการณ์การอ่านภาพถ่ายจอประสาทตาไม่มาก มักจะมีปัญหาคิดว่าเส้นเลือดปกติบริเวณ optic disc เป็น NVD - จะมี ข้อสังเกตในการช่วยแยกในเนื้อหาส่วนถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

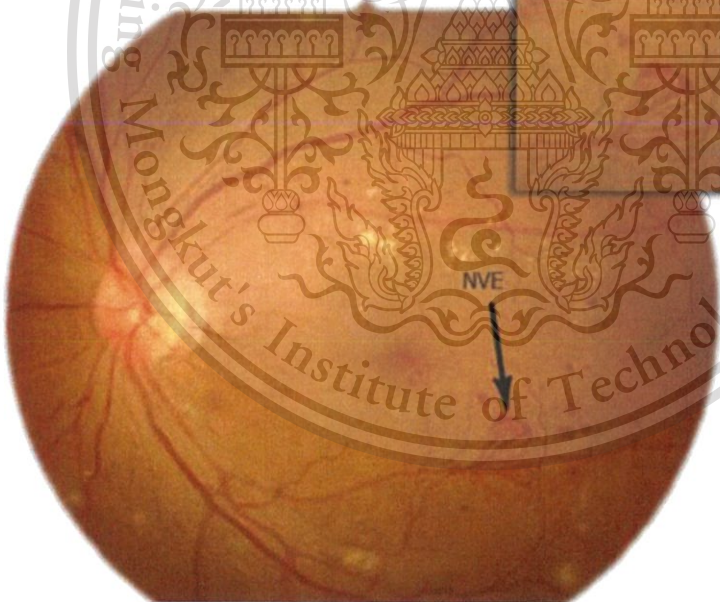
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพแสดง NVD  
ในภาพมี NVD หายเส้นกระจาย  
เกือบรอบ optic disc

รูปที่ 2.9 New vessel at disc

New vessel elsewhere (NVE หรือ neovascularization elsewhere) เป็นเส้นเลือดงอกใหม่ผิดปกติที่บริเวณตำแหน่งอื่นของจอประสาทตาที่ไม่ใช่ NVD ลักษณะของเส้นเลือดจะงอ/คดเคี้ยว และแตกแขนง ทอดอยู่เหนือระดับของ จอประสาทตา ถ้าพบทอดอยู่บนส่วนประกอบปกติของจอประสาทตา เช่น เส้นเลือดที่ปกติ ช่วยยืนยันได้ว่าเป็น NVE



ภาพแสดง NVE  
เห็นเลือด NVE มีขนาดไม่สม่ำเสมอ,  
คดเคี้ยว, และในภาพนี้มีลักษณะเป็นวง  
(loop)ร่วมด้วย

รูปที่ 2.10 New vessel elsewhere

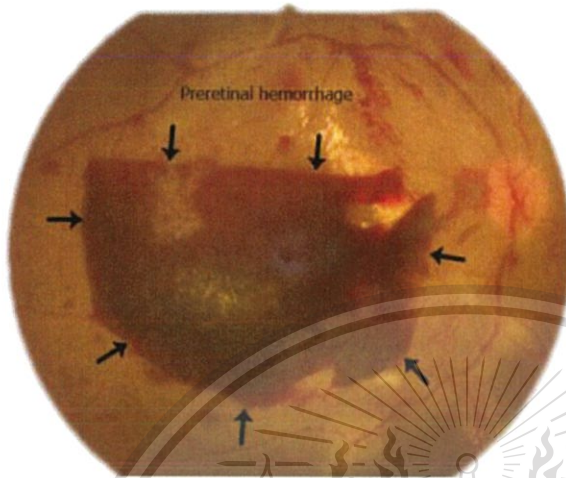
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 8. Preretinal hemorrhage

เป็นเลือดที่ออกมาอยู่บริเวณหน้าต่อจอประสาทตา เนื่องจากอยู่หน้าต่อจอประสาทตา จึงบดบังส่วนประกอบอื่นๆ ของจอประสาทตาที่อยู่ด้านหลัง ต่อบริเวณที่มีเลือดออก มีสีแดง ส่วนบนสุดของเลือดจะมีลักษณะเป็นระดับน้ำ ทำให้ดูเหมือน รูปร่างเรือ (boat shape)



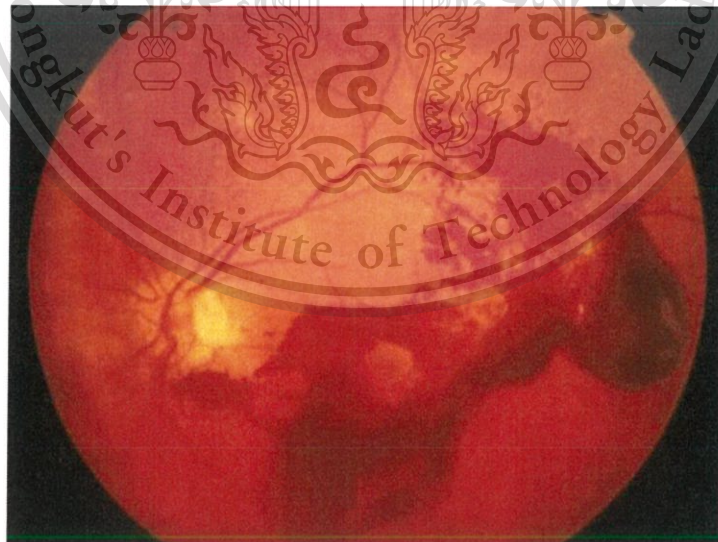
ภาพแสดง preretinal hemorrhage

ในภาพแสดงจุดคร่อมขอบบริเวณคั่งถั่ว  
สังเกตว่ารูปร่างของเลือดเป็นรูปเรือ ส่วนบนของ  
เลือดขนานกับเส้น

รูปที่ 2.11 Preretinal hemorrhage

## 9. Vitreous hemorrhage

เป็นเลือดที่ออกแล้วเข้าไปอยู่ในน้ำวุ้นตา มีสีแดง ขอบเขตไม่ชัดเจน และบดบังส่วนประกอบอื่นๆของจอประสาทตาที่อยู่ ด้านหลังต่อเลือดนี้



รูปที่ 2.12 Vitreous hemorrhage

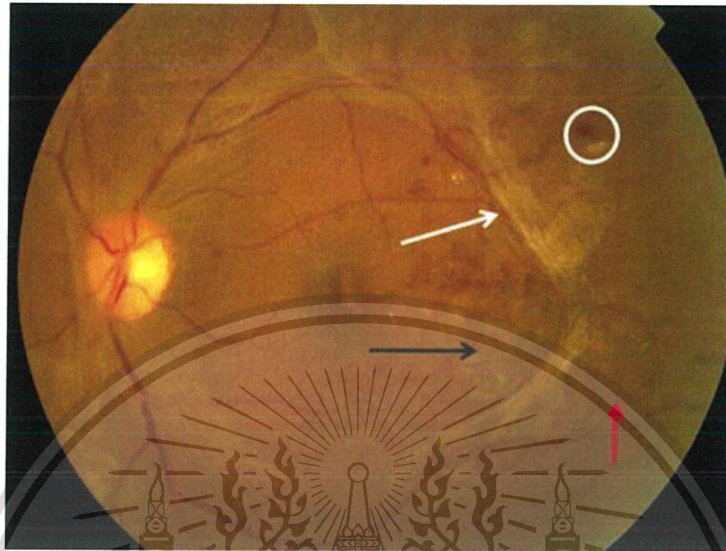
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 10. Fibrous proliferation

เป็นเนื้อเยื่อผังผืดสีขาวทอดตัวอยู่หน้าต่อจอประสาทตา อาจพบมีเส้นเลือดอยู่ภายใน ผังผืดนี้ได้ มักพบที่ตำแหน่ง optic disc และตามเส้นเลือดของจอประสาทตา (retinal vessel) ขนาดใหญ่



รูปที่ 2.13 Fibrous proliferation

ตารางที่ 2.1 ความผิดปกติของจอประสาทตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน

ประเภทของโรค	สี	ขนาด	รูปร่าง	อื่นๆ
Microaneurysm	ดำออกแดง	เล็กมาก	จุดกลมๆ	-
Hemorrhage	ดำออกแดง	จากเล็กถึงใหญ่	จุดหรือเป็นกลุ่มใหญ่ๆ	-
exudate	เหลือง	จากเล็กถึงใหญ่	ไม่ปกติ	เส้นขอบชัดเจน
Cotton-wool spot	ค่อนข้างขาว	จากเล็กถึงใหญ่	เป็นวงรี	เส้นขอบเบลอ

### การแบ่งระดับความรุนแรงของของภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

ภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตาสสามารถแบ่งเป็นระดับต่างๆ (grade) โดยอาศัยพยาธิสภาพต่างๆ โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ เรียงตามความเบาไปหาหนัก ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. No DRคือ ไม่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา เราจะไม่พบว่ามียาธิสภาพต่างๆ ของภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตา
2. Mild NPDR (mild non-proliferative diabetic retinopathy) เป็นภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาขั้นเบา โดยจะพบความผิดปกติคือ microaneurysm /dot-blot hemorrhage เพียงอย่างเดียว
3. Moderate NPDR (moderate non-proliferative diabetic retinopathy) เป็นภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาขั้นปานกลาง จะพบความผิดปกติที่เพิ่มจาก mild NPDR ได้แก่ Hard exudates (HE) , Flame shape hemorrhage (FSH) , Cotton wool spot (CWS) โดยแค่พบเพียงอันใดอันหนึ่งก็ถือเป็น moderate NPDR ได้แล้ว
4. Severe NPDR เป็นภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาขั้นหนัก วินิจฉัยจากการมีข้อหนึ่งข้อใดต่อไปนี้ มี microaneurysm/dot-blot hemorrhage กระจายอยู่ทั่วจอประสาทตา โดยเมื่อแบ่งจอประสาทตาเป็น 4 ส่วน (4 quadrant) ตามรูป และพบว่าในแต่ละส่วนมี
  - microaneurysm/dot-blot hemorrhage มากกว่าหรือเท่ากับ 20 จุด
  - พบ venous beading อยู่อย่างน้อย 2 quadrant (การแบ่งส่วนเหมือนข้อแรก)
  - พบมี IRMA (ปริมาณเท่าใดก็ได้)



รูปที่ 2.14 แสดงการแบ่งพื้นที่ของ retina เป็น 4 ส่วน

5. PDR (proliferative diabetic retinopathy) เป็นภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตาที่มีเส้นเลือดงอกใหม่ โดยจะพบ มีเส้นเลือดงอกใหม่ ได้แก่ NVD หรือ NVE หรือพบการมีเลือดออกหน้าจอประสาทตา (preretinal hemorrhage หรือ Vitreous hemorrhage) หรือพบ fibrous proliferation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.2 Raspberry pi

### 2.2.1 ประวัติความเป็นมา

Raspberry Pi (ออกเสียงว่า ราช-เบอร์-รี่-พาย) เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่มีขนาดเพียงเท่ากับบัตรเครดิตเท่านั้น ที่สำคัญคือ Raspberry Pi นี้มีราคาที่ถูกมากๆ เมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปปกติ คือมีราคาเพียงแค่หนึ่งพันกว่าบาทเท่านั้น แต่สามารถทำงานได้เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกอย่าง เราสามารถต่อ Raspberry Pi นี้เข้ากับจอคอมพิวเตอร์หรือจอทีวีที่รองรับ HDMI หรือถ้าไม่มีพอร์ต HDMI ก็สามารถต่อผ่านสายสัญญาณวิดีโอปกติ (เส้นสีเหลือง) ได้เช่นกัน แต่ความละเอียดอาจจะต่ำกว่า

นอกจากต่อจอแสดงผลแล้ว ก็ต้องต่ออุปกรณ์รับข้อมูล Raspberry Pi นี้รองรับเมาส์และคีย์บอร์ดผ่าน USB port ปกติ เพราะฉะนั้นสามารถนำเมาส์และคีย์บอร์ดที่มีอยู่แล้วมาต่อได้เลย ระบบจ่ายไฟของ Raspberry Pi เพียงเสียบสาย Mini USB ที่ใช้ชาร์จมือถือและอุปกรณ์อื่นๆ อยู่ทุกวันเข้ากับคอมพิวเตอร์หรือเข้ากับหัวชาร์จไฟมือถือก็ได้

Raspberry Pi ถูกวางตลาดครั้งแรกในเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ.2012 โดยกำเนิดจากนักออกแบบคอมพิวเตอร์ชาวสหราชอาณาจักร อีเบน อัปตัน (Eben Upton) โดยมีแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้าง แรสบอร์รี่คือในขณะการทำงานของเขาที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์เกิดความไม่พอใจในการทำงานเพราะนักศึกษามีความสามารถในการเขียนโปรแกรมลดลงเมื่อเทียบกับนักศึกษาที่ผ่านมา อีกทั้งผู้คนทั่วไปก็คิดว่าคอมพิวเตอร์ก็คือ เครื่องมือสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต พิมพ์เอกสาร หรือ คำนวณตารางเอกซ์เซล เท่านั้น ไม่ได้รู้ว่าคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้อีกหลากหลาย

เมื่ออัปตันคิดอย่างนั้น จึงตั้งใจว่าจะต้องสร้างคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก และราคาถูกสุด ในตอนแรกได้ตั้งใจให้อยู่ที่ 25 เหรียญสหรัฐ) และยังคงทำงานได้หลายอย่างแบบที่คอมพิวเตอร์สมัยนี้ทำได้อีก เขาคาดหวังว่าจะทำได้คนกลับมาเข้าใจการทำงานของคอมพิวเตอร์มากขึ้น สามารถเข้าถึงได้มากขึ้นเพราะมีราคาที่ถูกลง และฝึกเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์กันมากขึ้น เขาได้คิดและลงมือทำอยู่ 6 ปี แรสบอร์รี่พายโมเดลเอ (Raspberry Pi Model A) จึงได้เปิดตัวขึ้นและได้ให้เปิดจองกันในเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ.2012 และแล้วภายใน 3 เดือนก็มีคนสั่งจองกันราวแสนเครื่อง และต้องรอนานกันเป็นเดือนกว่าจะได้ของมา และเมื่อผ่านไปเพียงปีเดียวก็สามารถขายได้เกิน 1 ล้านเครื่องทั่วโลก และในเดือนตุลาคม ค.ศ.2012 ได้ปล่อยแรสบอร์รี่พายโมเดลบี (Raspberry Pi Model B) ออกมาขาย โดยปรับปรุงแรมเป็น 512 เมกะไบต์และเพิ่มพอร์ตแลนเข้าไปด้วย และยังมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอีก

เนื่องจากต้องการทำให้ราคาถูก นอกจากฮาร์ดแวร์ที่ใช้อย่างคุ้มค่าแล้ว ซอฟต์แวร์ก็จำเป็นต้องใช้แบบที่เป็น โอเพนซอร์ส (Open source) นั่นก็คือลินุกซ์ (Linux) ดังนั้นระบบปฏิบัติการต่างๆ ของแรสบอร์รี่พายจึงมีพื้นฐานมาจากลินุกซ์แล้วพัฒนาต่อให้มีอินเตอร์เฟซผู้ใช้งานที่คล้ายกับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows)

ความแตกต่างของ Raspberry Pi เมื่อเทียบกับ Arduino นั้น ถ้าเปรียบเทียบกันในเรื่องของการใช้งานแล้ว Raspberry Pi จะคล้ายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีวินโดวส์หรือเครื่องแมค นั่นคือ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สามารถเปิดไปยังเว็บไซต์ต่างๆ สามารถลงโปรแกรมที่เป็นโอเพ่นออฟฟิศ เครื่องคิดเลข ดูนั่ง ฟังเพลง ฝึกเขียนโปรแกรม และอื่นๆอีกเยอะ จึงสามารถกล่าวได้ว่าแรสเบอร์รี่พาย สามารถทำงานได้เช่นเดียวกับวินโดวส์เลยทีเดียว ซึ่งจะต่างจากอาดุยโนที่เป็นเพียงแค่ไมโครคอนโทรลเลอร์เท่านั้น ไม่มีระบบปฏิบัติการเป็นของตัวเอง เขียนโปรแกรมแล้วสั่งให้ทำงานเป็นเรื่องๆไปเท่านั้น

ถ้าต้องการให้ Raspberry Pi มาทำงานแบบ Arduino ก็สามารทำได้ โดยเราสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมพอร์ตจีพีโอ (GPIO) โดยใช้ภาษาไพธอนหรือภาษาซีก็ได้ และยังมีความเร็วสูงกว่าอีกด้วย งานที่ Raspberry Pi จะถูกเลือกใช้เป็นส่วนมากนั้น จะที่เกี่ยวข้องกับกล้องถ่ายภาพนิ่ง วิดีโอ ประมวลผลภาพ เพราะงานในด้านนี้อาดุยโนแบบทั่วไปจะประมวลผลภาพได้ไม่ทัน



รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์ Raspberry Pi

### 2.2.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ด Raspberry Pi Model B+

- ใช้ชิพ SoC Broadcom BCM2835 ซึ่งรวม CPU,GPU และ SDRAM ไว้ในตัวถึงเดียวกัน
- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 700 MHz ARM11 ARM1176JZF-S core
- หน่วยประมวลผลภาพ (GPU) Broadcom VideoCore IV,OpenGL ES 2.0,OpenVG 1080p30 H.264 high-profile encode/decode
- หน่วยความจำ SDRAM 512 MB
- ขั้วต่อ USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ต
- ขั้วต่อสัญญาณภาพทั้งแบบแจ๊ค 3.5 mm และ HDMI (เลือกใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง)
- ขั้วต่อสัญญาณเสียงโดยใช้แจ๊ค 3.5 mm หรือ ผ่านทางขั้ว HDMI
- คอนเน็คเตอร์สำหรับเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต (GPIO) ,SPI , I<sup>2</sup>C , I<sup>2</sup>S และ UART (GPIO ต่างๆ ไม่สามารถรับแรงดัน อินพุต 5 VDC ได้ สูงสุดแค่ 3.3 VDC เท่านั้น )
- ระบบปฏิบัติการของบอร์ดจะทำงานผ่าน MICRO SD CARD
- ขั้วต่อ LAN 10/100 Mbps
- ใช้ไฟเลี้ยงบอร์ด 5 VDC กระแสอย่างน้อย 700 mA
- ขนาดของบอร์ด 85.0 x 56.0 mm

โดยที่ตัวบอร์ดอยู่บนพื้นฐานของ Broadcom BCM2837 SoC ซึ่งรวมเอาหน่วยประมวลผล ARM Cortex-A53 แบบสี่คอร์ที่ความเร็ว 1.2GHz ร่วมกับอุปกรณ์การเชื่อมต่อ BCM43438 แบบคอมโบ ซึ่งให้การเชื่อมต่อ LAN ไร้สายแบบ 802.11b/g/n, Bluetooth Classic และ Bluetooth

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

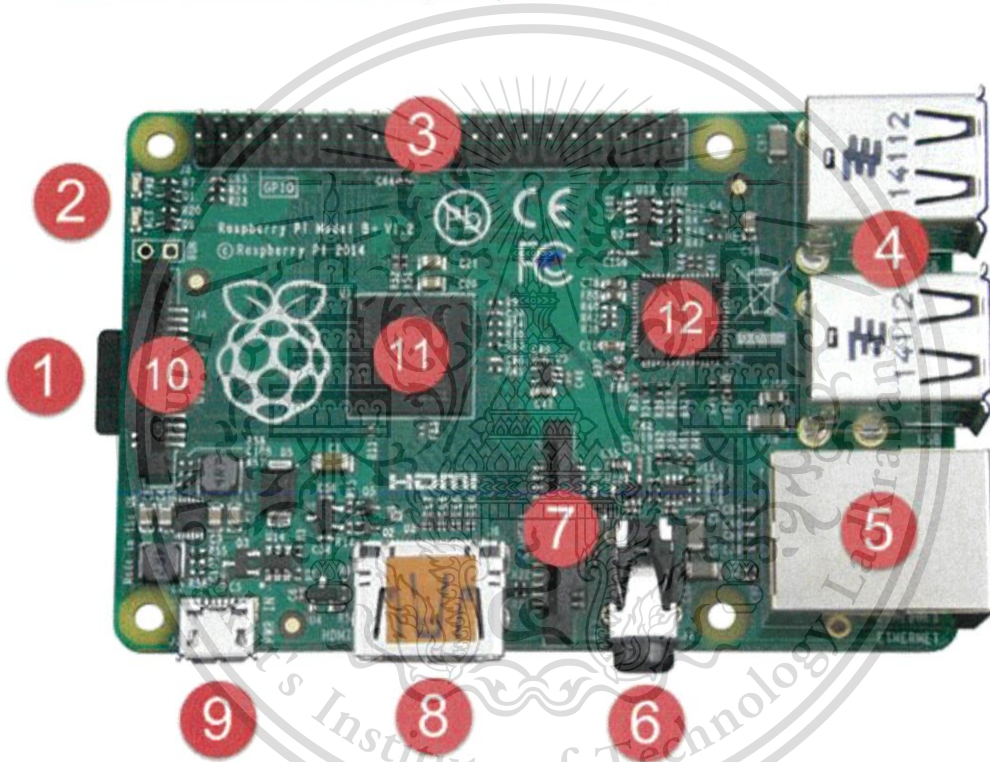
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Low Energy BCM2837 มาพร้อมกับหน่วยประมวลผลรวมสำหรับมัลติมีเดีย VideoCore IV แบบคอร์คู่ ซึ่งช่วยในด้านต่อไปนี้:

- อัตราของพิกเซลที่ 1.2Gpixels/s และอัตราการวาดเท็กซ์เจอร์ที่ 1.8Gtexel/s
- ปริมาณการคำนวณเซดเดอร์ที่ 29GFLOPs
- รองรับ OpenGL ES 1.12.0
- การถอดรหัสวิดีโอฮาร์ดแวร์ที่ 1080p60
- การเข้ารหัสวิดีโอฮาร์ดแวร์ที่ 1080p30
- ไปป์ไลน์เซ็นเซอร์รูปภาพแบบฮาร์ดแวร์

### 2.2.3 ส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi Model B+



รูปที่ 2.16 Raspberry Pi

หมายเลข 1 คอนเน็คเตอร์ MICRO SD CARD ซึ่งจะติดตั้งอยู่ที่บอร์ด คือ ช่องเสียบ เมมโมรี่การ์ด ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เก็บ ระบบปฏิบัติการ และ ซอฟต์แวร์ทั้งหมดที่เราติดตั้งลงไปไว้

หมายเลข 2 LED แสดงสถานะต่างๆ ของบอร์ด Raspberry Pi คือ สถานะไฟ เพื่อแสดงว่าสถานะของบอร์ด เช่น แสดงว่าเราเสียบไฟเข้าหรือไม่, สายแลน เชื่อมต่อหรือไม่ และมีไฟกระพริบที่บ่งบอกว่าบอร์ดมีการส่งข้อมูลกับเครือข่ายนั่นเอง

หมายเลข 3 คอนเน็คเตอร์สำหรับเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต (GPIO) ,SPI , I<sup>2</sup>C , I<sup>2</sup>S และ UART

เอกสารนี้เปิดเผยโดยตำแหน่งจากต่างๆ แสดงดังในรูปที่ 2.17 คือ จีพีไอโอ (General Purpose Input Output/GPIO) ซึ่งด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามเผยแพร่แก่ผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางผู้จัดทำ การนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สามารถกำหนดให้มันเป็นอินพุต หรือ เอาท์พุตได้โดยการเขียนโปรแกรมขึ้นเองหรือใช้ซอฟต์แวร์ที่มี มาให้ดาวน์โหลดใช้ เช่นไวร์ริงพาย เป็นต้น ทั้งนี้จีพีไอโอ สามารถทำงานได้หลายอย่างสามารถที่จะ เชื่อมต่อเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่เราต้องการแล้วป้อนค่าให้กับโปรแกรมตามที่เราต้องการได้เลยขึ้นอยู่กับ การเขียนโปรแกรม เช่น สามารถใช้จีพีไอโอแล้วเขียนโปรแกรมให้ส่งค่าลอจิก1 ออกไปนั้นหมายถึงว่าให้ ขา ที่ถูกกำหนดมีแรงดันไฟส่งออกไป ให้กับบริเลย์เพื่อทำการเปิดไฟห้องให้สว่างได้ ทั้งนี้สามารถที่จะเขียน ยูเซอร์อินเตอร์เฟซของมันเป็นหน้าเว็บเพจเพื่อการใช้งานที่สะดวกได้อีก

**หมายเลข 4** คอนเน็คเตอร์ USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ต คือพอร์ตที่มีในทุกๆอุปกรณ์ใน ปัจจุบันนั้นก็คือพอร์ตยูเอสบีนั่นเอง เช่นเดียวกันกับพอร์ตยูเอสบีของแรสเบอร์รี่พาย นั้นก็สามารถ เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ที่เป็นยูเอสบีได้หลากหลายมาก เช่น กล้องเว็บแคม, เม้าส์, คีย์บอร์ด, หรือ แม้แต่ตัวรับไวไฟก็สามารถเชื่อมต่อและใช้งานได้เช่นกัน และยังมีอุปกรณ์อีกมากมายที่สามารถใช้งาน เข้ากันได้

**หมายเลข 5** คอนเน็คเตอร์ LAN 10/100 Mbps สำหรับเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย คือ พอร์ต อีเทอร์เน็ตมีไว้สำหรับเชื่อมต่อบอร์ดแรสเบอร์รี่พาย เข้ากับระบบเครือข่าย คอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย แลน โดยการเชื่อมต่อนี้จะนำบอร์ดเข้าสู่ระบบเครือข่ายท้องถิ่น และสามารถออกอินเทอร์เน็ต ได้ด้วย ทำให้เราสามารถอัปเดตซอฟต์แวร์ได้อิสระตามต้องการมากขึ้น และซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการติดตั้ง ซอฟต์แวร์ต่างๆอีกด้วยเพราะเกือบจะ 100 % จะติดตั้งซอฟต์แวร์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต(ยกเว้น OS) เพิ่มเติมในส่วนของระบบเครือข่าย บอร์ดแรสเบอร์รี่พายสามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless) ได้โดยการเพิ่มตัวรับไวไฟ(Wifi Dongle) เสียบเข้าทาง พอร์ตยูเอสบีก็สามารถทำงานได้ เหมือนกันกับการเสียบสายและทุกประการแต่มีข้อเสียคือความเร็วต่ำกว่าการเสียบสายอยู่พอสมควร

**หมายเลข 6** คอนเน็คเตอร์ต่อสัญญาณเสียงและสัญญาณภาพโดยใช้แจ็ค 3.5 mm คือ ช่อง เสียบแจ็คเสียงเข้าหูฟัง หรือ ก็คือช่องเสียบลำโพงนั่นเองแน่นอนว่าแรสเบอร์รี่พายสามารถมีเสียงและ เปิดเพลงหรือมีเดีย ที่มีเสียงได้ในซอฟต์แวร์ของบอร์ดแรสเบอร์รี่พายนั่นเอง

**หมายเลข 7** คอนเน็คเตอร์ CSI สำหรับเชื่อมต่อกับโมดูลกล้อง 3 คือ ซีเอสไอคอนเน็คเตอร์(CSI Connector) ไว้สำหรับต่อกับโมดูลกล้องที่ออกแบบมาเพื่อบอร์ดแรสเบอร์รี่พายโดยเฉพาะ โดย ลักษณะการต่อจะเป็นสายแพรที่มากับตัวกล้องต่อเข้าไปกับพอร์ตนี้และสามารถตั้งค่าการใช้งานกล้อง ได้อย่างสมบูรณ์แบบว่าการนำกล้องแบบอื่นมาต่อเพราะกล้องที่นำมาต่อกับพอร์ตนี้ถูกออกแบบมา เพื่อแรสเบอร์รี่พายโดยเฉพาะนั่นเอง

**หมายเลข 8** คอนเน็คเตอร์ HDMI สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียง เพื่อเชื่อมต่อกับ จอภาพที่มีขั้วแบบ HDMI เช่น โทรทัศน์ หรือจอมอนิเตอร์

**หมายเลข 9** คอนเน็คเตอร์ Micro USB สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด คือ ช่องเสียบไฟหรือช่อง เสียบอะแดปเตอร์ เวลาต้องการจะจ่ายไฟให้กับบอร์ดแรสเบอร์รี่พาย เราจำเป็นต้องเสียบไฟจาก แหล่งจ่ายเข้าตรงนี้และจากแหล่งจ่ายต้องมีแรงดันไฟ ไม่เกิน 3.3 โวลต์ ดังนั้นจำเป็นต้องหาอะ แดปเตอร์ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานด้วย

**หมายเลข 10** คอนเน็คเตอร์ DSI สำหรับเชื่อมต่อกับจอภาพ ทำหน้าที่ไว้ต่อกับจอชนิดที่เป็น เอกสารนี้ใช้สายแพรที่ส่งมาไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หมายเลข 11 ชิพ SoC Broadcom BCM2835 ซึ่งรวม CPU,GPU และ SDRAM ไว้ในตัวถังเดียวกัน

หมายเลข 12 ชิพ LAN Controller

**Raspberry Pi B+ J8 Header**

Pin#	NAME	NAME	Pin#
01	3.3v DC Power	DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I2C)	DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I2C)	Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)	(TXD0) GPIO14	08
09	Ground	(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)	(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)	Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)	(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power	(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)	Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)	(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)	(SPI_GEN_N) GPIO08	24
25	Ground	(SPI_GEN_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I2C ID EEPROM)	(I2C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO15	Ground	30
31	GPIO16	GPIO12	32
33	GPIO13	Ground	34
35	GPIO19	GPIO16	36
37	GPIO26	GPIO20	38
39	Ground	GPIO21	40

Rev. 1.1  
16/07/2014  
<http://www.element14.com>

รูปที่ 2.17 ตำแหน่งขาต่างๆ ของ Raspberry Pi สำหรับเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต

## 2.2.4 การอ่านขาGPIO raspberry pi

โดยปกติตอนแรกเริ่ม raspberry pi ถูกสร้างขึ้นมาเพียง 26 ขาเท่านั้น ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาโดยนับตั้งแต่รุ่น model B+ เป็นต้นมาได้เพิ่มเป็น 40 ขา โดยยังคงออกแบบให้ขาสัญญาณ 26 ขาแรกจัดเรียงไว้อยู่ในรูปแบบเดิมเพื่อให้ยังพอที่จะสามารถต่อใช้งานกับอุปกรณ์เชื่อมต่อเดิมได้หรือหากต้องแก้ไขก็ทำเพียงเล็กน้อย ขา GPIO ที่เพิ่มขึ้นมาเฉพาะคือขา ID\_SD และ ID\_SC สำหรับเชื่อมต่อกับ EEPROM แบบ I2C ใช้เก็บค่าคอนฟิกต่างๆ ที่ต้องการ เพื่อกำหนดค่า GPIO อัตโนมัติในตอนเริ่มระบบ นอกจากนี้เป็นขา GND เพิ่มขึ้นมา 3 ขาและ GPIO เพิ่มขึ้นมา 9 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## GPIO Numbers

Raspberry Pi B  
Rev 1 P1 GPIO Header

	Pin No.		
3.3V	1	2	5V
GPIO0	3	4	5V
GPIO1	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO21	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3.3V	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7

Raspberry Pi A/B  
Rev 2 P1 GPIO Header

	Pin No.		
3.3V	1	2	5V
GPIO2	3	4	5V
GPIO3	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO27	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3.3V	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7

Raspberry Pi B+  
B+ J8 GPIO Header

	Pin No.		
3.3V	1	2	5V
GPIO2	3	4	5V
GPIO3	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO27	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3.3V	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7
DNC	27	28	DNC
GPIO5	29	30	GND
GPIO6	31	32	GPIO12
GPIO13	33	34	GND
GPIO19	35	36	GPIO16
GPIO26	37	38	GPIO20
GND	39	40	GPIO21

### Key

Power +	UART
GND	SPI
PC	GPIO

รูปที่ 2.18 GPIO Number

แอลอีดีแสดงสถานะของบอร์ด อยู่ภายในบริเวณกรอบสีแดง ดังภาพ



รูปที่ 2.19 แอลอีดีแสดงสถานะของแรสเบอร์รี่พาย

- ACT คือ ไฟสถานะเมมโมรีการ์ดพร้อมใช้งาน (สีเขียว)
- PWR คือ ไฟสถานะ 3.3 โวลต์ (สีแดง)
- FDX คือ ไฟสถานะ พูลต์ไฟเพลิกซ์ แลน โมเดลบี(สีเขียว)
- LNK คือ ไฟสถานะ ลิงก์/แอคตีวิตี แลน โมเดลบี (สีเขียว)
- 100 คือ ไฟสถานะ 10/100เมกะไบต์ต่อวินาที แลน โมเดลบี (สีเหลือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.2.5 ข้อดีและข้อเสียของ raspberry pi

ข้อดี คือ

- มีความเล็กกระทัดรัด เคลื่อนย้ายสะดวก
- ประหยัดพลังงาน
- ใช้ซอฟต์แวร์ที่เป็นโอเพ่นซอร์สทั้งหมด
- เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่เหมาะสมกับการเริ่มต้นเขียนโปรแกรม
- สามารถทำเป็นเซิร์ฟเวอร์เพื่อรองรับการร้องขอจากเครื่องไคลเอนท์ได้
- มีจีพีไอโอ สามารถเชื่อมต่อต่อกัน เช่น เซอร์ต่างๆ หรือบอร์ดคอนโทรลอื่นๆ ได้อย่างอิสระ
- มีทั้ง หน้าจอ อินเทอร์เน็ตผู้ใช้งาน และ ช่องสั่งการ(Terminal)
- สามารถเชื่อมต่อผ่านซีเคียวเชลล์(Secure Shell) เข้าไปสั่งงานได้โดยใช้ โปรแกรมพุดตี (puTTY) เป็นต้น

- ราคาประหยัดและสามารถหาอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ได้ง่าย

ข้อเสีย คือ

- มีความเร็วค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อใช้งานในโหมดสั่งการผ่านคอมพิวเตอร์จะค่อนข้างเร็ว
- ราคาคือระบบปฏิบัติการลินุกซ์ซึ่งอาจจะยากแก่ผู้ที่ไม่คุ้นเคย
- การตั้งค่าบางอย่างจำเป็นต้องใช้คำสั่งคอมมานด์ไลน์ (ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความถนัดแต่ละคน)

## 2.2.6 การติดตั้งระบบปฏิบัติการ

ก่อนเริ่มต้นการใช้งานบอร์ด raspberry pi จำเป็นที่จะต้องติดตั้งระบบปฏิบัติการให้กับบอร์ด ก่อนเนื่องจากบอร์ดไม่มีหน่วยความจำแบบแฟลชเมมโมรี่มาบนบอร์ดด้วย ดังนั้น จำเป็นที่จะต้องเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อมเพื่อให้สามารถใช้งานบอร์ดได้ ซึ่งมีรายละเอียดอุปกรณ์ดังนี้

### 1. บอร์ด raspberry pi

2. เมมโมรี่การ์ดสำหรับติดตั้งระบบปฏิบัติการลินุกซ์ ต้องมีความจุมากกว่า 2 จิกกะไบต์ ขึ้นไป แต่แนะนำให้ใช้ ขนาด 4 จิกกะไบต์ หรือมากกว่า สำหรับคู่มือฉบับนี้จะใช้ขนาด 8 จิกกะไบต์ควรเลือกใช้การ์ดที่มีความเร็วสูงอย่าง คลาส 10 เพื่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยรวม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

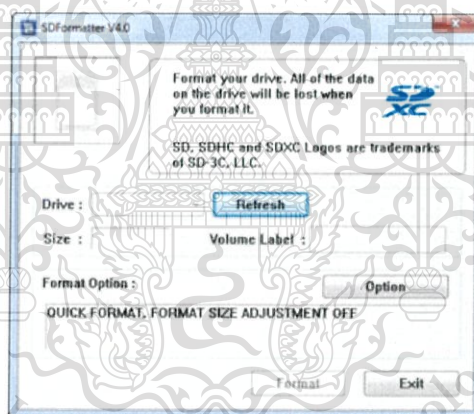
## รูปที่ 2.20 ตัวอย่างเมมโมรีการ์ดที่ใช้ติดตั้งระบบปฏิบัติการ

3. เม้าส์และคีย์บอร์ดแบบยูเอสบี
4. สายไมโครยูเอสบีเพื่อจ่ายไฟเลี้ยงวงจร สามารถเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟจากพอร์ตยูเอสบีของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
5. สายเชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียง (HDMI Cable) เพื่อเชื่อมต่อกับจอแสดงผล หากเลือกใช้จอมอนิเตอร์ที่ไม่มีพอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียง

### การเตรียมซอฟต์แวร์สำหรับติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux ลงบนบอร์ด raspberry pi

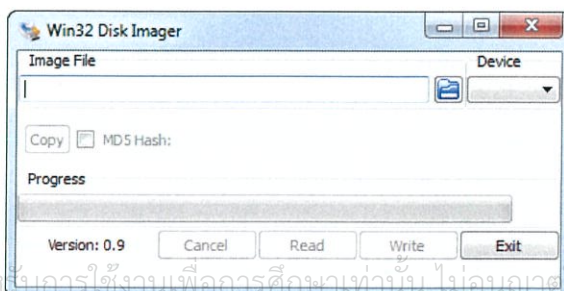
คู่มือฉบับนี้จะจัดเตรียมซอฟต์แวร์ที่รองรับระบบปฏิบัติการวินโดวเป็นหลัก และต้องติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ดังนี้

1. โปรแกรม SD Formatter V4.0 ใช้สำหรับฟอร์แมตเมมโมรีการ์ดสามารถดาวน์โหลดได้จากลิงค์



รูปที่ 2.21 โปรแกรม SD Formatter V4.0

2. โปรแกรม Win32 DiskImager ใช้สำหรับเขียนไฟล์ระบบปฏิบัติการที่เป็นไฟล์ Image (\*.img) ลงบนเมมโมรีการ์ด สามารถดาวน์โหลดได้จากลิงค์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

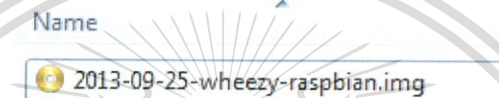
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## รูปที่ 2.22 โปรแกรม Win32 Disk Imager

3. ไฟล์ระบบปฏิบัติการ คู่มือนี้ติดตั้งระบบปฏิบัติการแรชเบียน (Raspbian) เป็นระบบปฏิบัติการเดเบียน วีซซี (Debian Wheezy) ที่ถูกปรับแต่งให้ใช้สำหรับบอร์ดแรสเบอร์รี่พาย โดยเฉพาะ เป็นลินุกซ์ที่ให้ใช้งานได้ฟรี สามารถดาวน์โหลดได้จากลิงค์

ขั้นตอนการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian ให้กับบอร์ด Raspberry Pi

1. หากมีข้อมูลอยู่ในเมมโมรี่การ์ด ให้ทำการฟอร์แมตด้วยโปรแกรม SD Formatter 4.0 หรือโปรแกรมอื่นก็ได้ ถ้าหาก ฟอร์แมต แล้วให้ข้ามขั้นตอนนี้ได้เลย
2. เมื่อดาวน์โหลดไฟล์ระบบปฏิบัติการแรชเบียนมาแล้วจะได้เป็นไฟล์ซิป (.zip) ให้แตกไฟล์จะได้เป็นไฟล์อิมเมจ (Image (\*.img)) มาแสดงดังรูป



## รูปที่ 2.23 การแตกไฟล์ซิปของไฟล์ระบบปฏิบัติการแรชเบียน

การตั้งค่าไอพีแอดเดรสบนแรสเบอร์รี่พาย

ไอพีแอดเดรสจำเป็นในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อการถ่ายโอนข้อมูลจากคอมพิวเตอร์มายังแรสเบอร์รี่พาย หรือจากแรสเบอร์รี่พายไปยังคอมพิวเตอร์ โดยการกำหนดค่าเกี่ยวกับเน็ตเวิร์คนี้

lfdconfig

```
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi ~$ ifconfig
eth0    Link encap:Ethernet  HWaddr b8:27:eb:07:183d
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
        RX packets:881 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
        TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:1000
        RX bytes:71406 (69.7 KiB)  TX bytes:0 (0.0 B)

lo      Link encap:Local Loopback
        inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
        UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
        RX packets:392 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
        TX packets:392 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:0
        RX bytes:32208 (31.4 KiB)  TX bytes:32208 (31.4 KiB)

wlan0   Link encap:Ethernet  HWaddr e8:4e:06:1c:20:24
        inet addr:192.168.137.74  Bcast:192.168.137.255  Mask:255.255.255.0
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
        RX packets:1130 errors:0 dropped:5252 overruns:0 frame:0
        TX packets:409 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:1000
        RX bytes:294162 (287.2 KiB)  TX bytes:50821 (49.6 KiB)
```

## รูปที่ 2.24 การแสดงผลลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่าย

โดยที่ eth0, lo, wlan0 เป็นชื่อของลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ใช้งานภายในระบบ

- eth0 มักจะแสดงถึงการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตกับเครือข่ายผ่านสายเคเบิล ซึ่งรวมถึงสายแลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- lo เป็นการเชื่อมต่อพิเศษที่ระบบสามารถสื่อสารกับตัวเองได้
- wlan0 เป็นชื่อการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายอันแรกในระบบ

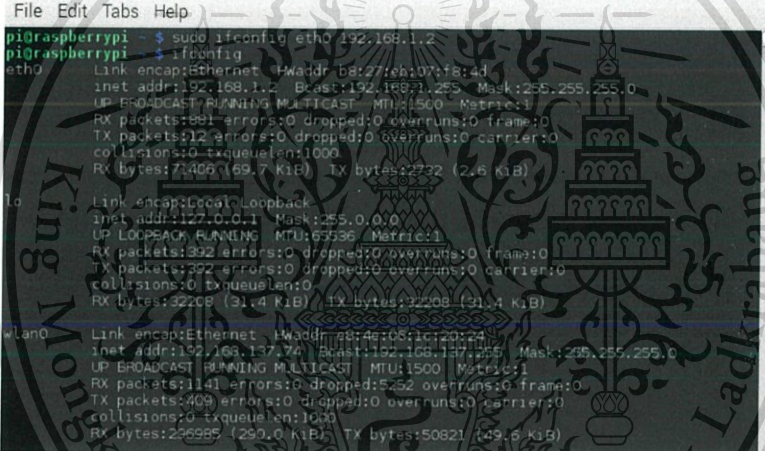
ในการตั้งค่าไอพีแอดเดรสของแรสเบอร์รี่พายเพื่อการเชื่อมต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านสายแลนนั้นจึงต้องตั้งค่าในส่วนของอีเทอร์เน็ต โดยพิมพ์คำสั่งบนคอมมานไลน์ดังนี้

```
sudo ifconfig eth0 192.168.1.2
```

เมื่อพิมพ์คำสั่งนี้ลงไปบนคอมมานไลน์แล้ว ค่าไอพีแอดเดรสจะถูกเปลี่ยนไป ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 2.18 ในผลลัพธ์บรรทัดที่ 2 ของอีเทอร์เน็ต จะพบดังนี้

```
inet addr:192.168.1.2
```

แสดงให้เห็นว่า ค่าไอพีจะถูกตั้งค่าเป็น 192.168.1.2 แล้วเพื่อสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านสายแลนได้ สร้างความสะดวกในการสื่อสารกันระหว่างแรสเบอร์รี่พายและคอมพิวเตอร์



```
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi ~ $ sudo ifconfig eth0 192.168.1.2
pi@raspberrypi ~ $ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr b8:27:eb:07:fa:4d
          inet addr:192.168.1.2  Bcast:192.168.1.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:891  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:12  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0  txqueue len:1000
          RX bytes:71409 (69.7 KiB)  TX bytes:2732 (2.6 KiB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
          RX packets:392  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:392  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0  txqueue len:0
          RX bytes:32208 (31.4 KiB)  TX bytes:32208 (31.4 KiB)

wlan0    Link encap:Ethernet  HWaddr 4e:10:1c:20:22:43
          inet addr:192.168.137.74  Bcast:192.168.137.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:1141  errors:0  dropped:5252  overruns:0  frame:0
          TX packets:409  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0  txqueue len:1000
          RX bytes:226985 (220.0 KiB)  TX bytes:50821 (49.6 KiB)
```

รูปที่ 2.25 แสดงการตั้งค่าไอพีแอดเดรสบนแรสเบอร์รี่พาย

## 2.3 Raspberry Pi Camera Board

เป็นโมดูลกล้องที่ออกแบบมาใช้งานร่วมกับบอร์ด Raspberry Pi โดยสามารถเชื่อมต่อกับซ็อกเก็ต CAMERA บนบอร์ด ที่มีการเชื่อมต่อแบบ CSI bus ได้ทันที

### 2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิค

- ขนาดบอร์ด 25mm x 20mm x 9mm

- ความละเอียดของกล้อง 5MP (2592 x 1944 pixels)

- ใช้เซ็นเซอร์ Omnivision 5647 โดยการไฟก๊สเป็นแบบคงที่

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- สามารถถ่ายวิดีโอความละเอียด 1080p30 , 720p60 และ 640x480p60



รูปที่ 2.26 Raspberry Pi Camera Board

### 2.3.2 ข้อสังเกต/ควรระวังในการใช้งาน

- การเสียบหรือถอดกล้องควรทำตอนที่ RaspberryPi ปิดอยู่ เพื่อป้องกันการช็อตของสายสัญญาณ เนื่องจากสายที่ใช้เป็นเหมือนสายของจอ LCD ระยะห่างระหว่างพื้นมันแคบ มีโอกาสช็อตได้ง่าย
- การใช้งานสภาพแสงต้องดีพอสมควร หากมืดเกินไปจะทำให้กล้องพยายามเร่งชดเชยแสง เกิด Noise และมีคล้ายเส้นแสงคาอยู่ในภาพ เหมือนว่ารีเฟรชเรทของตัวเซนเซอร์ไม่เพียงพอ เมื่อนำไปใช้งานควรลอกฟิล์มปิดหน้าเลนส์ออกด้วย

### 2.3.3 ข้อเด่น

กล้องชัดมากเมื่อถ่ายที่ระยะห่างประมาณ 1.5 เมตรขึ้นไป Infinity Focus ภาพชัดมาก หากแสงดีภาพคมใช้งานได้ดีมาก ดีกว่ากล้อง

## 2.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

### 2.4.1 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer programming)

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือเรียกให้สั้นลงว่า การเขียนโปรแกรม(Programming) หรือ การเขียนโค้ด(Coding) เป็นขั้นตอนการเขียน ทดสอบ และดูแลซอร์สโค้ดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งซอร์สโค้ดนั้นจะเขียนด้วยภาษาโปรแกรม ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมต้องการความรู้ในหลายด้านด้วยกัน เกี่ยวกับโปรแกรมที่ต้องการจะเขียน และขั้นตอนวิธีที่จะใช้ ซึ่งในวิศวกรรมซอฟต์แวร์นั้น การเขียนโปรแกรมถือเป็นเพียงขั้นหนึ่งในวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การเขียนโปรแกรมจะได้มาซึ่งซอร์สโค้ดของโปรแกรมนั้นๆ โดยปกติแล้วจะอยู่ในรูปแบบของข้อความธรรมดา ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ จะต้องผ่านการคอมไพล์ตัวซอร์สโค้ดนั้นให้เป็นภาษาเครื่อง(Machine Language) เสียก่อนจึงจะได้เป็นโปรแกรมที่พร้อมใช้งาน

ภาษาโปรแกรมแต่ละภาษาจะมีลักษณะหรือรูปแบบการเขียนที่แตกต่างกัน การเลือกภาษาโปรแกรมหรือภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาเขียนโปรแกรมนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น นโยบายของบริษัท, ความเหมาะสมของโปรแกรมกับลักษณะงานที่จะถูกนำไปใช้, การเข้ากันได้กับโปรแกรมอื่น ๆ, หรืออาจเป็นความถนัดของแต่ละคน ภาษาโปรแกรมที่มีแนวโน้มในการนำมาเขียนมักเป็นภาษาที่มีคนที่สามารถเขียนได้ทันที หรือหากมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ภาษาอื่น เช่น ต้องการเน้นประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรม ก็อาจจำเป็นต้องหานักเขียนโปรแกรมขึ้นมาจำนวนหนึ่งซึ่งมีความรู้ความเข้าใจในภาษาโปรแกรมที่ต้องการ และต้องมีคอมไพเลอร์ที่รองรับภาษาเหล่านั้นด้วย

## 2.4.2 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม

### 2.4.2.1 ภาษาเครื่อง (Machine Languages)

ภาษาเครื่อง คือ กลุ่มของคำสั่งเครื่องที่กระทำการโดยตรงโดยหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) ของคอมพิวเตอร์ คำสั่งเครื่องแต่ละคำสั่งจะปฏิบัติงานเฉพาะกิจงานเดียวเท่านั้น เช่น การบรรจุ, การกระโดด หรือการดำเนินการผ่านหน่วยคำนวณและตรรกะ(ALU) บนหน่วยของข้อมูลในหน่วยความจำ หรือเรจิสเตอร์ ทุกๆโปรแกรมที่กระทำการโดยหน่วยประมวลผลกลางสร้างขึ้นจากอนุกรมของคำสั่งเครื่องเช่นว่านั้น

รหัสเครื่องเชิงตัวเลข(ซึ่งไม่ใช่รหัสแอสเซมบลี) อาจพิจารณาได้ว่าเป็นตัวแทนระดับต่ำสุดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้คอมไพล์และ/หรือเขียนด้วยภาษาแอสเซมบลี หรือเป็นภาษาโปรแกรมแบบดั้งเดิมและขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์ ถึงแม้ว่าเราจะสามารถเขียนโปรแกรมด้วยรหัสเครื่องเชิงตัวเลขโดยตรงก็ได้ แต่การจัดการบิตต่าง ๆ เป็นเอกเทศ และการคำนวณตำแหน่งที่อยู่กับค่าคงตัวเชิงตัวเลขด้วยมือ จะทำให้น่าเบื่อหน่ายและมีแนวโน้มที่จะเกิดความผิดพลาด ดังนั้นการเขียนรหัสเครื่องจึงไม่ค่อยกระทำกันในทุกวันนี้ เว้นแต่ในสถานการณ์ที่ต้องการทำให้เหมาะสมอย่างที่สุดหรือแก้จุดบกพร่อง

ปัจจุบันนี้โปรแกรมเกือบทั้งหมดในทางปฏิบัติเขียนขึ้นด้วยภาษาแอสเซมบลีหรือภาษาระดับสูงกว่า แล้วแปลเป็นรหัสเครื่องที่กระทำการได้โดยคอมไพเลอร์และ/หรือแอสเซมเบลอร์ กับลิงเกอร์ อย่างไรก็ตาม โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาที่แปลด้วยอินเทอร์พรีเตอร์จะไม่ถูกแปลเป็นรหัสเครื่อง ถึงแม้ว่าอินเทอร์พรีเตอร์ (ตัวกระทำการ หรือ ตัวประมวลผล) โดยทั่วไปประกอบขึ้นจากรหัสเครื่องที่กระทำการได้โดยตรง

หน่วยประมวลผลหรือตระกูลของหน่วยประมวลผลทุก ๆ ชั้นมีชุดของคำสั่งเครื่องที่เป็นรหัสของมันเป็นเอกสารที่ห้ามมิให้คัดลอกหรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตให้แก้ไขหรือเผยแพร่ข้อมูลด้านการศึกษา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ห้ามมิให้คัดลอกหรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตให้แก้ไขหรือเผยแพร่ข้อมูลด้านการศึกษา ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ที่แตกต่างกันของเครื่อง ดังนั้นชุดของคำสั่งเครื่องจึงใช้ได้กับประเภทของหน่วยประมวลผลที่ใช้สถาปัตยกรรมเดียวกัน การออกแบบหน่วยประมวลผลรุ่นหลังหรือรุ่นต่อๆออกมาก็มักจะรวมคำสั่งทั้งหมดของรุ่นก่อนหน้าไว้ และอาจเพิ่มเติมคำสั่งใหม่เข้าไปอีกด้วย หน่วยประมวลผลรุ่นหลังอาจยกเลิกหรือเปลี่ยนแปลงรหัสของคำสั่งเครื่องในบางครั้ง (สาเหตุที่ทั่วไปก็คือมันจำเป็นสำหรับจุดประสงค์ใหม่) ส่งผลกระทบต่อความเข้ากันได้ของรหัสในบางขอบข่าย แม้กระทั่งหน่วยประมวลผลที่เข้ากันได้เกือบสมบูรณ์ก็อาจแสดงพฤติกรรมต่างไปจากเดิมเล็กน้อยสำหรับบางคำสั่ง แต่ปัญหานี้พบได้น้อยมาก ระบบต่าง ๆ ก็อาจแตกต่างกันในรายละเอียดอื่น เช่น การจัดการหน่วยความจำ ระบบปฏิบัติการ หรืออุปกรณ์รอบข้าง เนื่องจากตามปกติแล้วโปรแกรมจะยึดถือปัจจัยดังกล่าว ระบบที่แตกต่างกันก็จะไม่ทำงานด้วยรหัสเครื่องที่เหมือนกัน ถึงแม้ว่าใช้หน่วยประมวลผลชนิดเดียวกันก็ตาม

รหัสของชุดของคำสั่งเครื่องอาจมีความยาวเท่ากันหมดทุกคำสั่งหรือมีความยาวแปรผันก็ได้ วิธีการจัดการแบบรูปของรหัสเครื่องขึ้นอยู่กับสถาปัตยกรรมนั้น ๆ เป็นอย่างยิ่ง และมักจะขึ้นอยู่กับชนิดของคำสั่ง คำสั่งเครื่องส่วนมากมีฟิลด์ออปโคด(Opcode) หนึ่งฟิลด์หรือมากกว่าซึ่งใช้ระบุชนิดของคำสั่งพื้นฐาน (เช่นเลขคณิต ตรรกศาสตร์ การกระโดด ฯลฯ) และการดำเนินการแท้จริง (เช่นการบวก การเปรียบเทียบ) และมีฟิลด์อื่น ๆ ที่อาจใช้สำหรับระบุชนิดของตัวถูกดำเนินการ (Operand) ภาวะการกำหนดตำแหน่งที่อยู่ (Addressing Mode) ออฟเซตของตำแหน่งที่อยู่หรือดัชนีหรือค่าแท้จริงโดยตัวมันเอง (ตัวถูกดำเนินการที่เป็นค่าคงตัวที่บรรจุอยู่ในคำสั่งเครื่องเช่นนั้น เรียกว่า ค่าใช้ทันที, Immediate)

ไม่ว่าทุกเครื่องหรือทุกคำสั่งจะมีตัวถูกดำเนินการชัดเจน เครื่องที่ใช้ตัวสะสม(Accumulator Machine) มีตัวถูกดำเนินการข้างซ้ายแบบผสม และคืนค่าผลลัพธ์ในตัวสะสม(Accumulator) ปริยายสำหรับคำสั่งเลขคณิตส่วนใหญ่ สถาปัตยกรรมอื่น(เช่น 8086 และตระกูล x86) มีคำสั่งธรรมดาในรุ่นของตัวสะสมอยู่ด้วย ซึ่งคำสั่งที่ยาวกว่าจะทำเรจิสเตอร์อันหนึ่งในเรจิสเตอร์ทั่วไปเป็นตัวสะสม เครื่องที่ใช้กองซ้อน(Stack Machine) มีตัวถูกดำเนินการส่วนใหญ่หรือทั้งหมดอยู่บนกองซ้อนปริยาย คำสั่งเครื่องที่มีจุดประสงค์พิเศษก็มักจะขาดตัวถูกดำเนินการชัดเจน (ตัวอย่างเช่น ซีพียูไอทีในสถาปัตยกรรม x86 เขียนค่าต่าง ๆ ลงในเรจิสเตอร์ปลายทางเป็นปริยาย 4 เรจิสเตอร์) ความแตกต่างระหว่างตัวถูกดำเนินการชัดเจนกับปริยายเช่นนี้สำคัญต่อโปรแกรมสร้างรหัสเครื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องการจัดสรรเรจิสเตอร์และส่วนติดตามพิสัยแบบสแตค โปรแกรมทำรหัสให้เหมาะที่สุด(Code Optimizer) ที่ดีสามารถติดตามตัวถูกดำเนินการทั้งชัดเจนและปริยาย ซึ่งอาจช่วยให้เกิดการแพร่กระจายค่าคงตัว(Constant Propagation) ได้บ่อยยิ่งขึ้น การพับทบค่าคงตัว(Constant Folding) ของเรจิสเตอร์ (เรจิสเตอร์ที่กำหนดให้เป็นผลลัพธ์จากนิพจน์ของค่าคงตัวจะถูกแทนที่ด้วยค่าคงตัวนั้น) และการปรับปรุงรหัสอื่น ๆ ให้ดีขึ้น

#### 2.4.2.2 ภาษาแอสเซมบลี (Assembly)

ภาษาแอสเซมบลี(Assembly Language) หมายถึง ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง

ซึ่งจะทำงานโดยขึ้นอยู่กับรุ่นของไมโครโพรเซสเซอร์ หรือ "หน่วยประมวลผล" (CPU) ของเครื่อง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คอมพิวเตอร์ การใช้ภาษาแอสเซมบลีจำเป็นต้องผ่านการแปลภาษาด้วยคอมไพเลอร์เฉพาะ เรียกว่า แอสเซมเบลอร์(Assembler) ให้อยู่ในรูปของรหัสคำสั่งก่อน(เช่น .OBJ) โดยปกติ ภาษานี้ค่อนข้างมีความยุ่งยากในการใช้งาน และการเขียนโปรแกรมเป็นจำนวนบรรทัดมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ภาษาระดับสูง เช่น ภาษาซีหรือภาษาเบสิก แต่จะทำให้ได้ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมเร็วกว่า และขนาดของตัวโปรแกรมมีขนาดเนื้อที่น้อยกว่าโปรแกรมที่สร้างจากภาษาอื่นมาก จึงนิยมใช้ภาษานี้เมื่อต้องการประหยัดเวลาทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ และเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรม

เนื่องจากตัวคำสั่งภายในภาษาอังกฤษเฉพาะกับรุ่นของหน่วยประมวลผล ดังนั้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลงไปใช้กับหน่วยประมวลผลอื่นหรือระบบอื่น (เช่น หน่วยประมวลผล x86 ไม่เหมือนกับ z80) จะต้องมีการปรับแก้ตัวคำสั่งภายในซึ่งบางครั้งอาจไม่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้อย่างสมบูรณ์

#### 2.4.2.3 ภาษาระดับสูง (High-level Languages)

ภาษาโปรแกรมระดับสูง หมายถึงภาษาโปรแกรมที่มีภาวะนามธรรมอย่างสูงจากรายละเอียดการทำงานของคอมพิวเตอร์ หากเปรียบเทียบกับภาษาโปรแกรมระดับต่ำแล้ว ภาษาโปรแกรมระดับสูงอาจมีองค์ประกอบเป็นภาษาธรรมชาติ ใช้งานง่ายกว่า ทำให้กระบวนการพัฒนาโปรแกรมตามข้อกำหนดเรียบง่ายกว่าและสามารถทำความเข้าใจได้ดีกว่า ระดับของภาวะนามธรรมที่ภาษาโปรแกรมจัดเตรียมไว้ให้ เป็นตัวกำหนดว่าภาษานั้นมี "ระดับสูง" มากน้อยแค่ไหน

ประเภทของภาษาโปรแกรมระดับสูงที่ใช้นั้น มีดังนี้

##### - ภาษาซี (C)

ภาษาซี (C) เป็นภาษาโปรแกรมสำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไป เริ่มพัฒนาขึ้นช่วง พ.ศ. 2512-2516 (ค.ศ. 1969-1973) โดยเดนนิส ริชชี (Denis Retchie) ที่เอทีแอนด์ทีเบลล์แล็บส์(AT&T Bell Labs) ภาษาซีเป็นภาษาที่มีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรมและมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรมเชิงโครงสร้างและอนุญาตให้มีขอบข่ายตัวแปร(Scope) และการเรียกซ้ำ (Recursion) ในขณะที่ระบบชนิดตัวแปรอพลวัตก็ช่วยป้องกันการดำเนินการที่ไม่ตั้งใจหลายอย่าง เหมือนกับภาษาโปรแกรมเชิงคำสั่งส่วนใหญ่ในแบบแผนของภาษาอัลกอล การออกแบบของภาษาซีมีคอนสตรัคต์(Construct) ที่โยงกับชุดคำสั่งเครื่องทั่วไปได้อย่างพอเพียง จึงทำให้ยังมีการใช้ในโปรแกรมประยุกต์ซึ่งแต่ก่อนลงรหัสเป็นภาษาแอสเซมบลี คือซอฟต์แวร์ระบบอันโดดเด่นอย่างระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ยูนิกซ์

ภาษาซีเป็นภาษาโปรแกรมหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดตลอดกาล และตัวแปลโปรแกรมของภาษาซีมีให้ใช้งานได้สำหรับสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการต่างๆ เป็นส่วนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในผู้แต่งได้ หิยบยิมภาษาซีไปใช้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ตัวอย่างเช่น ภาษาซีบนด้านการค้า ติ ภาษาโก ภาษาอาร์สดี ภาษาจาวา จาวาสคริปต์ภาษาลิมโบ ภาษาแอลพีซี ภาษาซีชาร์ป ภาษาอ็อบ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เจกทีฟ-ซี ภาษาเพิร์ล ภาษาพีเอชพี ภาษาไพทอน ภาษาเวอริล็อก(ภาษาพรรณนาฮาร์ดแวร์) และซีเชลล์ของยูนิกซ์ ภาษาเหล่านี้ได้ตั้งโครงสร้างการควบคุมและคุณลักษณะพื้นฐานอื่น ๆ มาจากภาษาซี ส่วนใหญ่มีวากยสัมพันธ์คล้ายคลึงกับภาษาซีเป็นอย่างมากโดยรวม (ยกเว้นภาษาไพทอนที่ต่างออกไปอย่างสิ้นเชิง) และตั้งใจที่จะผสมผสานนิพจน์และข้อความสั่งที่จำแนกได้ของวากยสัมพันธ์ของภาษาซี ด้วยระบบชนิดตัวแปร ตัวแบบข้อมูล และอรรถศาสตร์ที่อาจแตกต่างกันโดยมูลฐาน ภาษาซีพลัสพลัสและภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีได้เกิดขึ้นในฐานะตัวแปลโปรแกรมที่สร้างรหัสภาษาซี ปัจจุบันภาษาซีพลัสพลัสแทบจะเป็นเซตใหญ่ของภาษาซี ในขณะที่ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีก็เป็นเซตใหญ่อันเคร่งครัดของภาษาซี

ก่อนที่จะมีมาตรฐานภาษาซีอย่างเป็นทางการ ผู้ใช้และผู้พัฒนาต่างก็เชื่อถือในข้อกำหนดอย่างไม่เป็นทางการในหนังสือที่เขียนโดยเดนนิส ริตซี และไบรอัน เคอร์นิกัน (Brian Kernighan) ภาษาซีรุ่นนั้นจึงเรียกกันโดยทั่วไปว่า ภาษาเคแอนด์อาร์ซี(K&R C) ต่อมา พ.ศ. 2532 สถาบันมาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา(ANSI) ได้ตีพิมพ์มาตรฐานสำหรับภาษาซีขึ้นมา เรียกกันว่า ภาษาแอนซีซี(ANSI C) หรือ ภาษาซี89(C89) ในปีถัดมา องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน(ISO) ได้อนุมัติให้ข้อกำหนดเดียวกันนี้เป็นมาตรฐานสากล เรียกกันว่า ภาษาซี90(C90) ในเวลาต่อมาอีกองค์การฯ ก็ได้เผยแพร่ส่วนขยายมาตรฐานเพื่อรองรับสากลวิวัฒน์(Internationalization) เมื่อ พ.ศ. 2538 และมาตรฐานที่ตรวจชำระใหม่เมื่อ พ.ศ. 2542 เรียกกันว่า ภาษาซี99(C99) มาตรฐานรุ่นปัจจุบันก็ได้รับอนุมัติเมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 เรียกกันว่า ภาษาซี11(C11)

ภาษาซีเป็นภาษาที่ใช้ในการมีปฏิสัมพันธ์เช่น เชิงคำสั่ง (หรือเชิงกระบวนการ) ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้แปลด้วยตัวแปลโปรแกรมแบบการเชื่อมโยงที่ตรงไปตรงมา สามารถเข้าถึงหน่วยความจำในระดับล่าง เพื่อสร้างภาษาที่จับคู่อย่างมีประสิทธิภาพกับชุดคำสั่งเครื่อง และแทบไม่ต้องการสนับสนุนใด ๆ ขณะทำงาน ภาษาซีจึงเป็นประโยชน์สำหรับหลายโปรแกรมที่ก่อนหน้านี้เคยเขียนในภาษาแอสเซมบลีมาก่อน

หากคำนึงถึงความสามารถในระดับล่าง ภาษานี้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อส่งเสริมการเขียนโปรแกรมที่ขึ้นอยู่กับเครื่องใดเครื่องหนึ่ง(Machine-independent) โปรแกรมภาษาซีที่เขียนขึ้นตามมาตรฐานและเคลื่อนย้ายได้ สามารถแปลได้บนแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง โดยแก้ไขรหัสต้นฉบับเพียงเล็กน้อยหรือไม่ต้องแก้ไขเลย

ภาษาซียังมีลักษณะเฉพาะต่อไปนี้เพิ่มเติม

- ตัวแปรอาจถูกซ่อนในบล็อกซ้อนใน
- ชนิดตัวแปรไม่เคร่งครัด เช่นข้อมูลตัวอักษรสามารถใช้เป็นจำนวนเต็ม
- เข้าถึงหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ในระดับต่ำโดยแปลงที่อยู่ในเครื่องด้วยชนิดตัวแปรตัวชี้(Pointer)
- ฟังก์ชันและตัวชี้ข้อมูลรองรับการทำงานในภาวะหลายรูปแบบ(Polymorphism)
- การกำหนดดัชนีแถวลำดับสามารถทำได้ด้วยวิธีรอง คือนิยามในพจน์ของเลขคณิตของตัวชี้
- ตัวประมวลผลก่อนสำหรับการนิยามแมโคร การรวมไฟล์รหัสต้นฉบับ และการแปลโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารแบบมีเงื่อนไขสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ความสามารถที่ซับซ้อนเช่น ไอ/โอ การจัดการสายอักขระ และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์รวมอยู่ในไลบรารี
- คำหลักที่สงวนไว้มีจำนวนค่อนข้างน้อย
- ตัวดำเนินการแบบประสมจำนวนมาก อาทิ +=, -=, \*=, ++ ฯลฯ

โครงสร้างการเขียน คล้ายภาษาพีมากกว่าภาษาอัลกอล ตัวอย่างเช่น

- ใช้วงเล็บปีกกา { ... } แทนที่จะเป็น begin ... end ในภาษาอัลกอล 60 หรือวงเล็บโค้ง ( ... ) ในภาษาอัลกอล 68
- เท่ากับ = ใช้สำหรับกำหนดค่า เหมือนภาษาฟอร์แทรน แทนที่จะเป็น := ในภาษาอัลกอล
- เท่ากับสองตัว == ใช้สำหรับเปรียบเทียบความเท่ากัน แทนที่จะเป็น .EQ. ในภาษาฟอร์แทรนหรือ = ในภาษาเบสิกและภาษาอัลกอล
- ตรรกะ "และ" กับ "หรือ" แทนด้วย && กับ || ตามลำดับ แทนที่จะเป็นตัวดำเนินการ  $\wedge$  กับ  $\vee$  ในภาษาอัลกอล แต่ตัวดำเนินการดังกล่าวจะไม่ประเมินค่าตัวถูกดำเนินการทางขวา ถ้าหากผลลัพธ์จากทางซ้ายสามารถพิจารณาได้แล้ว เหตุการณ์เช่นนี้เรียกว่าการประเมินค่าแบบลัดวงจร (short-circuit evaluation) และตัวดำเนินการดังกล่าวก็มีความหมายต่างจากตัวดำเนินการระดับบิต & กับ |

- ภาษาซีพลัสพลัส (C++)

ภาษาซีพลัสพลัส (C++ Language) เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เนกประสงค์ มีโครงสร้างภาษาที่มีการจัดชนิดข้อมูลแบบสแตติก (Statically Typed) และสนับสนุนรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย (Multi-paradigm Language) ได้แก่ การโปรแกรมเชิงกระบวนการ, การนิยามข้อมูล, การโปรแกรมเชิงวัตถุ, และการโปรแกรมแบบเจเนริก (Generic Programming)

เบียเนอ สเตราสตรูบ (Bjarne Stroustrup) จากเบลล์แล็บส์ (Bell Labs) เป็นผู้พัฒนาภาษาซีพลัสพลัส (เดิมใช้ชื่อ "C with classes") ในปี ค.ศ. 1983 เพื่อพัฒนาภาษาซีดั้งเดิม สิ่งที่พัฒนาขึ้นเพิ่มเติมนั้นเริ่มจากการเพิ่มเติมการสร้างคลาสจากนั้นก็เพิ่มคุณสมบัติต่างๆ ตามมาได้แก่ เวกอร์ชวลฟังก์ชัน การโอเวอร์โหลดโอเปอเรเตอร์ การสืบทอดหลายสาย เทมเพลต และการจัดการเอกเซพชันมาตรฐานของภาษาซีพลัสพลัสได้รับการรับรองในปี ค.ศ. 1998 เป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14882:1998 เวอร์ชันล่าสุดคือเวอร์ชันในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งเป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14882:2003 ในปัจจุบันมาตรฐานของภาษาในเวอร์ชันใหม่ (รู้จักกันในชื่อ C++0x) กำลังอยู่ในขั้นพัฒนา รูปแบบของการออกแบบมีดังนี้

- ภาษาซีพลัสพลัสได้ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมทั่วไป สามารถรองรับการเขียนโปรแกรมในระดับภาษาเครื่องได้ เช่นเดียวกับภาษาซี
- ในทางทฤษฎี ภาษาซีพลัสพลัสควรมีความเร็วเทียบเท่าภาษาซี แต่ในการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่แจ้งไว้ซึ่งมีลิขสิทธิ์สงวนไว้โดยผู้จัดทำเอกสารนี้ ซึ่งเป็นการดำเนินการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เขียนมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และภาษาซีพลัสพลัสนั้นเป็นภาษาที่มีความซับซ้อนมากกว่าภาษาซี จึงทำให้มีโอกาสเกิดบั๊กขณะคอมไพล์มากกว่า

- ภาษาซีพลัสพลัสได้รับการออกแบบเพื่อเข้ากันได้กับภาษาซีในเกือบทุกกรณี
- มาตรฐานของภาษาซีพลัสพลัส ถูกออกแบบมาเพื่อไม่ให้เกิดการเจาะจงแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์
- ภาษาซีพลัสพลัสถูกออกแบบมาให้รองรับการเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย (Multi-Paradigm)
  - ภาษาซีชาร์ป (C#)

ภาษาซีชาร์ป (C# Programming Language) เป็นภาษาโปรแกรมแบบหลายโมเดล ที่ใช้ระบบชนิดข้อมูลแบบรัดกุม (strong typing) และสนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงคำสั่ง การเขียนโปรแกรมเชิงประกาศ การเขียนโปรแกรมเชิงฟังก์ชัน การเขียนโปรแกรมเชิงกระบวนการ การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ(แบบคลาส) และการเขียนโปรแกรมเชิงส่วนประกอบ พัฒนาเริ่มแรกโดยบริษัทไมโครซอฟท์เพื่อทำงานบนดอตเน็ตเฟรมเวิร์ก โดยมีแอนเดอร์ เฮลส์เบิร์ก(Anders Hejlsberg) เป็นหัวหน้าโครงการ และมีรากฐานมาจากภาษาซีพลัสพลัสและภาษาอื่นๆ (โดยเฉพาะภาษาเดลไฟและจาวา) โดยมีจุดมุ่งหมายให้เป็นภาษาสมัยใหม่ที่ไม่ซับซ้อน ใช้งานได้ทั่วไป(General-Purpose) และเป็นเชิงวัตถุเป็นหลัก

ปัจจุบันภาษาซีชาร์ปมีการรับรองให้เป็นมาตรฐานโดยเอ็กมาอินเตอร์เนชันแนล(Ecma International) และองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน(ISO) และมีรุ่นล่าสุดคือ C# 5.0 ที่ออกมาเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2555

- ภาษาโคบอล (COBOL)

ภาษาโคบอล(COBOL programming language) เป็นภาษาโปรแกรมระดับสูงภาษาหนึ่งที่อยู่มาอย่างยาวนาน COBOL ย่อมาจาก Common Business Oriented Language เป็นภาษาที่นิยมนำไปใช้ทางธุรกิจ ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1959 โดยนักคอมพิวเตอร์กลุ่มหนึ่งที่เรียกตัวเองว่า Conference on Data Systems Languages(CODASYL) และตั้งแต่ปี ค.ศ. 1959 ภาษาโคบอลมีการแก้ไขและปรับปรุงอยู่ตลอด ดังนั้น เพื่อขจัดปัญหาความแตกต่างของตัวภาษาโคบอลในแต่ละเวอร์ชัน สถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกัน (ANSI) จึงได้พัฒนามาตรฐานกลางขึ้นมาในปี ค.ศ. 1968 เป็นที่รู้จักกันในนามของ ANS COBOL ต่อมาเมื่อ ปี ค.ศ. 1974 ทาง ANSI ได้นำเสนอ ANS COBOL รุ่นใหม่ที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่ารุ่น 1968 และในปี ค.ศ. 1985 ANSI ก็นำเสนออีกรุ่นหนึ่งที่มีคุณสมบัติมากกว่ารุ่นปี 1974

รูปแบบภาษาโคบอลแบ่งออกเป็น 4 ดิวิชัน คือ

1. Identification division การกำหนดชื่อโปรแกรมและชื่อผู้เขียน
2. Environment division การอธิบายเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์
3. Data division การอธิบายเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูล
4. Procedure division การอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการประมวลผล

- ภาษาปาสกาล (Pascal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาษาปาสกาล เป็นภาษาโปรแกรมที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในวงการศึกษาคิดค้นขึ้นโดย นิเคลาส์ แวร์ท (Niklaus Wirth) นักวิทยาการคอมพิวเตอร์ชาวสวิสเซอร์แลนด์ ในปี ค.ศ. 1970 เพื่อช่วยในการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมโครงสร้าง(Structured Programming) ภาษาปาสกาลนั้นพัฒนาขึ้นมาจาก ภาษาอัลกอล(Algol), และชื่อปาสกาลนั้น ตั้งเพื่อเป็นเกียรติแก่ แบลส ปาสกาล(Blaise Pascal) นอกเหนือจากภาษาปาสกาลแล้ว แวร์ทได้พัฒนา ภาษาโมดูลาทุ (Modula-2) และ โอเบอรอน (Oberon) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับภาษาปาสกาล แต่สามารถรองรับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-oriented Programming)

โปรแกรมภาษาปาสกาลทุกอัน จะเริ่มต้นด้วยคีย์เวิร์ด Program และส่วนของโค้ดจะอยู่ระหว่างคีย์เวิร์ด Begin และ End ภาษาปาสกาลนั้นไม่สนใจความแตกต่างระหว่างตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก ("end" มีผลเท่ากับ "End"). เซมิโคลอน (;) ใช้เพื่อแบ่งคำสั่ง และ มหัพภาค(.) ใช้เมื่อจบโปรแกรม (หรือยูนิต)

ภาษาปาสกาลเป็นภาษาที่มีโครงสร้างที่ตายตัว เช่นการประกาศตัวแปร จะอยู่ระหว่างโปรแกรมกับบิกันโดยไม่สามารถไปประกาศที่อื่นได้เหมือนกับภาษาวิซวลเบสิก, ภาษาซี หรือภาษาอื่นๆ ทำให้ผู้เรียนได้ทราบถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมที่ถูกต้อง เพื่อง่ายต่อการตรวจสอบในภายหลัง

#### - ภาษาเบสิก (BASIC)

ภาษาเบสิก(BASIC Programming Language) เป็นภาษาโปรแกรมที่ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย และยังได้รับความนิยมมาจนถึงทุกวันนี้ เบสิกออกแบบมาให้ใช้กับคอมพิวเตอร์ตามบ้าน

ชื่อภาษาเบสิกย่อมาจาก Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code ต้องเขียนด้วยตัวพิมพ์ใหญ่เสมอ

บริษัทไมโครซอฟท์ได้นำภาษาเบสิกมาปรับปรุงให้ทันสมัย และพัฒนาเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมวิซวลเบสิก(Visual Basic) ทำให้เบสิกได้รับความนิยมในการพัฒนาโปรแกรมยุคใหม่ รุ่นล่าสุดของวิซวลเบสิกเรียกว่า VB.NET

#### - ภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN)

ภาษาฟอร์แทรน(Fortran Programming Language หรือ FORTRAN) เป็นภาษาที่เก่าแก่ที่สุดของวงการคอมพิวเตอร์ ถูกพัฒนาขึ้นในยุคคริสต์ทศวรรษ 1950 นิยมนำไปใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ จนถึงปัจจุบันนี้ ภาษาฟอร์แทรนก็ยังถูกใช้ในทางวิทยาศาสตร์อยู่

#### - ภาษาจาวา (Java)

ภาษาจาวา(Java programming language) เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุ(Object Oriented Programming) พัฒนาโดย เจมส์ กอสลิง และวิศวกรคนอื่นๆ ที่ ซัน ไมโครซิสเต็มส์ ภาษาจาวาถูกพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2534 (ค.ศ. 1991) โดยเป็นส่วนหนึ่งของ โครงการกรีน(The Green Project) และสำเร็จออกสู่สาธารณะในปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995) ซึ่งภาษานี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้แทน

เอกสารนี้เก็บภาษาซีพลัสพลัส(C++) โดยรูปแบบที่เพิ่มเติมขึ้นคล้ายกับภาษาอ็อบเจกต์ทีฟซี(Objective-C) แต่เดิมไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาษานี้เรียกว่า ภาษาโอ๊ก(Oak) ซึ่งตั้งชื่อตามต้นโอ๊กใกล้ที่ทำงานของ เจมส์ กอสลิง แต่ว่ามีปัญหาทางลิขสิทธิ์ จึงเปลี่ยนไปใช้ชื่อ "จาวา" ซึ่งเป็นชื่อกาแฟแทน

และแม้ว่าจะมีชื่อคล้ายกัน แต่ภาษาจาวาไม่มีความเกี่ยวข้องกับใด ๆ กับภาษาจาวาสคริปต์ (JavaScript) ปัจจุบันมาตรฐานของภาษาจาวาดูแลโดยจาวาคอมมูนิตีโพรเซส(Java Community Process) ซึ่งเป็นกระบวนการอย่างเป็นทางการ ที่อนุญาตให้ผู้ที่สนใจเข้าร่วมกำหนดความสามารถในจาวาแพลตฟอร์มได้

#### - ภาษาจาวาสคริปต์ (JavaScript)

จาวาสคริปต์(JavaScript) เป็นภาษาสคริปต์ ที่มีลักษณะการเขียนแบบโพรโตไทป์ (Prototyped-based Programming) ส่วนมากใช้ในหน้าเว็บเพื่อประมวลผลข้อมูลที่ฝั่งของผู้ใช้งาน แต่ก็ยังมีใช้เพื่อเพิ่มเติมความสามารถในการเขียนสคริปต์โดยฝังอยู่ในโปรแกรมอื่นๆ

ซัน ไมโครซิสเต็มส์เป็นเจ้าของเครื่องหมายการค้า "JavaScript" โดยมันถูกนำไปใช้ภายใต้สัญญาอนุญาตเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีโดย เน็ตสเคป และมุลนิธิมอซิลลา

#### - ภาษาเพิร์ล (Perl)

ภาษาเพิร์ล (Perl Language) ย่อมาจาก Practical Extraction and Report Language เป็นภาษาโปรแกรมแบบไดนามิก พัฒนาโดยนายแลร์รี วอลล์ (Larry Wall) ในปี ค.ศ. 1987 เพื่อใช้งานกับระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ ภาษาเพิร์ลนั้นถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย โครงสร้างของภาษาจึงไม่ซับซ้อน มีลักษณะคล้ายกับภาษาซี นอกจากนี้เพิร์ลยังได้แนวคิดบางอย่างมาจากเชลล์สคริปต์, ภาษา AWK, sed และ Lisp ปัจจุบันเวอร์ชันล่าสุดคือ 5.18.0

#### - ภาษาพีเอชพี (PHP)

พีเอชพี (PHP) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์ สคริปต์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษาพีเอชพีใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์ และแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML โดยมีรากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษา ภาษาซี ภาษาจาวา และ ภาษาเพิร์ล ซึ่งภาษาพีเอชพี นั้นง่ายต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป้าหมายหลักของภาษานี้ คือให้นักพัฒนาเว็บไซต์สามารถเขียน เว็บเพจ ที่มีการตอบโต้ได้อย่างรวดเร็ว พีเอชพีรุ่นล่าสุดคือ PHP 5.4.0 ส่วนรุ่นพัฒนาคือ PHP 6.0.0-dev

#### - ภาษาไพทอน (Python)

ภาษาไพทอน (Python Programming Language) เป็นภาษาโปรแกรมระดับสูง เพื่อใช้งานทั่วไป แบบอินเทอร์พรีเตอร์ ที่สร้างโดยกิโด ฟาน รอสซัม (Guido van Rossum) ในพ.ศ. 2533 ปัจจุบันดูแลโดย มูลนิธิซอฟต์แวร์ไพทอน จุดเด่นของภาษาไพทอน คือ

#### - ความเป็นภาษาสคริปต์

เนื่องจากไพทอนเป็นภาษาสคริปต์ ทำให้ใช้เวลาในการเขียนและคอมไพล์ไม่มาก ทำให้เหมาะกับงานด้านการดูแลระบบ (System administration) เป็นอย่างยิ่ง

#### - ไวยากรณ์ที่อ่านง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไวยากรณ์ของไพทอนได้กำจัดการใช้สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแบ่งบล็อกของโปรแกรม และใช้การย่อหน้าแทน ทำให้สามารถอ่านโปรแกรมที่เขียนได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนการเขียน docstring ซึ่งเป็นข้อความสั้นๆ ที่ใช้อธิบายการทำงานของฟังก์ชัน, คลาส, และโมดูลอีกด้วย

#### - ความเป็นภาษา Glue

ไพทอนเป็นภาษา Glue (Glue Language) ได้อย่างดีเนื่องจากสามารถเรียกใช้ภาษาโปรแกรมอื่นๆ ได้หลายภาษา ทำให้เหมาะที่จะใช้เขียนเพื่อประสานงานโปรแกรมที่เขียนในภาษาต่างกันได้

#### - ภาษาโปรล็อก (Prolog)

ภาษาโปรล็อก (Prolog Language) เป็นภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะ ได้ชื่อมาจาก *PRO*grammation en *LOG*ique (Logic Programming) สร้างขึ้นโดย Alain Colmerauer รว ค.ศ. 1972 ภาษาโปรล็อกเกิดจากความพยายามที่จะสร้างภาษาที่อาศัยวิธีการทางตรรกศาสตร์แทนที่จะกำหนดคำสั่งอย่างละเอียดให้กับคอมพิวเตอร์

ภาษาโปรล็อกถูกนำไปใช้ในโปรแกรมสำหรับปัญญาประดิษฐ์ และภาษาศาสตร์เชิงคำนวณ โดยเฉพาะการประมวลผลภาษาธรรมชาติ ไวยากรณ์และความหมายของภาษานั้นเรียบง่ายและชัดเจน งานวิจัยจำนวนมากที่ทำให้เกิดการพัฒนาระบบภาษาโปรล็อกในปัจจุบันนั้น เป็นผลมาจากโครงการระบบคอมพิวเตอร์ยุคที่ห้า (Fifth Generation Computer Systems Project - FGCS) ซึ่งเลือกรูปแบบหนึ่งของภาษาโปรล็อกเป็นภาษาแก่น (Kernel Language) ของระบบปฏิบัติการ

ภาษาโปรล็อกมีพื้นฐานมาจากแคลคูลัสภาคแสดง (Predicate Calculus) หรือเรียกเต็ม ๆ ว่า แคลคูลัสภาคแสดงอันดับที่หนึ่ง (First-order Predicate Calculus) โดยจำกัดให้ใช้เฉพาะอนุประโยคของฮอร์น (Horn Clause) การดำเนินการของโปรแกรมโปรล็อก ก็คือการใช้วิธีการพิสูจน์ทฤษฎีบทโดยใช้วิธีไขว้กันอันดับหนึ่ง (First-order Resolution) แนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวข้องได้แก่ การทำให้เท่ากัน (Unification), การเรียกซ้ำจากส่วนท้าย (Tail Recursion), การย้อนรอย (Backtracking)

#### - ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี (Objective-C)

ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี (Objective-C Language หรือ ObjC) เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุและมีสมบัติการสะท้อน โดยแรกเริ่ม ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี พัฒนาขึ้นจากภาษาซีโดยยังคงคุณลักษณะของภาษาซีไว้ครบทุกประการเพียงแต่เพิ่มระบบส่งข้อความ (Messaging) แบบเดียวกับภาษาสมอลล์ทอล์กเข้าไปเท่านั้น (Objective-C Runtime) ปัจจุบันภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีมีคุณสมบัติอื่นๆเพิ่มเติมจากการพัฒนาภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี 2.0 โดยบริษัทแอปเปิล

ปัจจุบันภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีถูกใช้มากใน Cocoa (API) ใน Mac OS X, GNUstep (API) และ Cocotron (API) เป็นต้น ซึ่งระบบเหล่านี้ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยมีพื้นฐานจากมาตรฐาน OpenStep (API) ใน Nextstep (Operating System) โดยมีภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีเป็นภาษาหลัก ปัจจุบัน Mac OS X ใช้ Cocoa เป็นเฟรมเวิร์กสำหรับสร้างโปรแกรมประยุกต์ โดยไลบรารีและ/หรือ API เหล่านี้เป็นเพียงส่วนเพิ่มขยาย (Software Extension) เท่านั้น โปรแกรมที่ใช้ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีทั่วไปที่ไม่ได้ใช้ส่วนเพิ่มขยายเหล่านี้ก็ยังสามารถคอมไพล์ได้ เช่นอาจใช้แค่ gcc ซึ่งรองรับภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ภาษารูบี้ (Ruby)

ภาษารูบี้ (Ruby Language) เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุ ที่ได้รับอิทธิพลของโครงสร้างภาษา มาจาก ภาษาเพิร์ลกับภาษาเอดา มีความสามารถในเชิงวัตถุแบบเดียวกับภาษาสมอลทอล์ค และมีความสามารถหลายอย่างจากภาษาไพทอน, ภาษาลิสป์, ภาษา Dylan และภาษา CLU ตัวแปลภาษารูบี้ตัวหลักเป็นซอฟต์แวร์เสรี และเป็นตัวแปลแบบอินเตอร์พรีเตอร์

### 2.4.3 ไบรารีโอเพนซีวี (OpenCV Library)

โอเพนซีวีเป็นไลบรารีที่มีใบอนุญาตบีเอสดี (BSD Certificated) และเป็นโอเพนซอร์ซเป็นไลบรารีที่มีอัลกอริทึมอยู่มากมาย โอเพนซีวีมีโครงสร้างแบบแยกส่วน ซึ่งหมายความว่า แพคเกจจะรวมไลบรารีต่างๆที่ใช้ร่วมกันไว้ โดยมีดังต่อไปนี้

- core

Module สำหรับการอธิบายถึงโครงสร้างของข้อมูลขั้นพื้นฐาน รวมถึงอาร์เรย์หลายมิติ และฟังก์ชันพื้นฐานต่างๆที่ใช้ในมอดูลอื่นๆ

- improc

Module สำหรับการประมวลผลภาพ รวมถึงการกรองภาพ (Filtering) ทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น การเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตของภาพ (การปรับขนาด, Warping, Remapping) การทำฮิสโตแกรมและอื่นๆ

- video

มอดูลเพื่อการวิเคราะห์วิดีโอ รวมถึงการประมาณการเคลื่อนที่ และขั้นตอนการตรวจจับวัตถุ

- calib3d

อัลกอริทึมทางเรขาคณิตแบบหลายมุมมอง, การสอบเทียบกล้องเพื่อการสร้างภาพสามมิติ

- features2d

การตรวจจับลักษณะเด่นของวัตถุ

- objdetect

การตรวจจับวัตถุและกรณีของกลุ่มที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (เช่น ใบหน้า, ดวงตา, รถ หรืออื่นๆ)

- highgui

เพื่อให้ง่ายต่อการจับภาพจากวิดีโอ การแปลงสัญญาณวิดีโอและรูปภาพ

- gpu

อัลกอริทึมของจีพียู-แอกเซลเลอเรท (GPU-accelerated) จากมอดูลอื่น

- อื่นๆ

มอดูลสนับสนุนอื่นๆ เช่น แพลน (FLANN), ไพธอน ไบนดิง (Python Bindings)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.5 ภาษาไพธอน (Python)

Python คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถรันภาษา Python ได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD อีกอย่างหนึ่งภาษาตัว นี้เป็น OpenSource เหมือนอย่าง PHP ทำให้ทุกคนสามารถที่จะนำ Python มาพัฒนาโปรแกรมของเราได้ฟรีๆโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และความเป็น Open Source ทำให้มีคนเข้ามาช่วยกันพัฒนาให้ Python มีความสามารถสูงขึ้น และใช้งานได้ครอบคลุมกับทุกลักษณะงาน

### 2.5.1 ประวัติ Python

Python 1.0 ไพธอนสร้างขึ้นครั้งแรกในปี 1990 โดย Guido van Rossum ที่ CWI (National Research Institute for Mathematics and Computer Science) ในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยได้นำความสำเร็จของภาษา โปรแกรมมิ่งที่ชื่อ ABC มาปรับใช้กับ Modula-3, Icon, C, Perl, Lisp, Smalltalk และ Tcl โดย Guido van Rossum ถือว่าเป็นผู้ริเริ่มและคิดค้น แต่เค้าก็ยังคงคิดว่าผลงานอย่างไพธอนนั้น เป็นผลงานความรู้ที่ ทำขึ้นเพื่อความสนุกสนานโดยได้อ้างอิงงานชิ้นนี้ของเขาว่าเป็น Benevolent Dictator for Life (BDFL) ซึ่ง ผลงานที่ถูกเรียกว่าเกิดจากความสนุกสนานเหล่านั้นนั้น มักถูกเรียกว่า BDFL เพราะมักเกิดจากความไม่ตั้งใจ และความอยากที่จะทำอะไรที่เป็นอิสระนั่นเอง ซึ่งคนที่ถูกกล่าวถึงว่าทำในลักษณะแบบนี้ก็ได้แก่ Linus Torvalds ผู้สร้าง Linux kernel, Larry Wall ผู้สร้าง Perl programming language และคนอื่น ๆ อีกมากมาย โดยที่ในไพธอน 1.2 นั้นได้ถูกปล่อยออกมาในปี 1995 โดย Guido ได้กลับมาพัฒนาไพธอนต่อที่ Corporation for National Research Initiatives (CNRI) ที่ เรสตัน, มลรัฐเวอร์จิเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดย ที่ในขณะเดียวกันก็ได้ปล่อยรุ่นใหม่ ในหมายเลขรุ่น 1.6 ออกมาโดยอยู่ที่ CNRI เช่นกัน ซึ่งหลังจากปล่อยรุ่น 1.6 ออกมาแล้ว Guido van Rossum ก็ได้ออกจาก CNRI เพื่อทำงานให้การทำธุรกิจ พัฒนาซอฟต์แวร์แบบเต็มตัว โดยก่อนที่จะเริ่มทำงานธุรกิจ เขาก็ได้ทำให้ไพธอนนั้นอยู่บนสัญญาสิทธิแบบ General Public License (GPL) โดยที่ CNRI และ Free Software Foundation (FSF) ได้รวม กันเปิดเผยรหัสโปรแกรมทั้งหมด เพื่อให้ไพธอนนั้นได้ชื่อว่าเป็นซอฟต์แวร์เสรี และเพื่อให้ตรงตามข้อกำหนด ของ GPL-compatible ด้วย (แต่ยังคงไม่สมบูรณ์เพราะการพัฒนาในรุ่น 1.6 นั้นออกมาก่อนที่จะใช้สัญญา สิทธิแบบ GPL ทำให้ยังมีบางส่วนของที่ยังเปิดเผยไม่ได้) และในปีเดียวกันนั้นเอง Guido van Rossum ก็ได้รับรางวัลจาก FSF ในชื่อว่า "Advancement of Free Software" โดยในปีนั้นเองไพธอน 1.6.1 ก็ได้ออกมาเพื่อแก้ปัญหาข้อผิดพลาดของตัวซอฟต์แวร์และให้เป็นไปตาม ข้อกำหนดของ GPL-compatible license อย่างสมบูรณ์

Python 2.0 ในปี 2000 Guido และ Python Core Development team ได้ย้ายการทำงานไป BeOpen.com โดยที่ พวกเขาได้ย้ายจาก BeOpen PythonLabs team โดยในไพธอนรุ่นที่ 2.0 นั้นได้ถูกนำออกเผยแพร่ต่อบุคคล ทั่วไปจากเว็บไซต์ BeOpen.com และหลังจากที่ไพธอนออกรุ่นที่ 2.0 ที่ BeOpen.com แล้ว Guido และนัก พัฒนาคนอื่น ๆ ในทีม PythonLabs ก็ได้เข้าร่วมกับทีมงาน Digital Creations ไพธอนรุ่น 2.1 ได้สืบทอดการทำงานและพัฒนามาจาก 1.6.1 มากกว่าไพธอนรุ่น 2.0 และได้ทำการ เปลี่ยนชื่อสัญญาสิทธิใหม่เป็น Python Software Foundation License โดยที่ในไพธอนรุ่น 2.1 alpha นั้นก็ได้เริ่มชื่อสัญญาสิทธินี้และผู้เป็นเจ้าของคือ Python

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางผู้จัดทำเอกสารได้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Software Foundation (PSF) โดยที่เป็นองค์กร ที่ไม่หวังผลกำไรเช่นเดียวกับ Apache Software Foundation

## 2.5.2 ข้อเด่นของภาษาไพธอน

2.5.2.1. ง่ายต่อการเรียนรู้ โดยภาษาไพธอนมีโครงสร้างของภาษาไม่ซับซ้อนเข้าใจง่าย ซึ่งโครงสร้างภาษาไพธอนจะคล้ายกับภาษาซีมาก เพราะภาษาไพธอน สร้างขึ้นมาโดยใช้ภาษาซี ทำให้ผู้ที่คุ้นเคยภาษาซี อยู่ แล้วใช้งานภาษาไพธอนได้ไม่ยาก นอกจากนี้โดยตัวภาษาเองมีความยืดหยุ่นสูง ทำให้การจัดการกับงาน ด้านข้อความ และ Text File ได้เป็นอย่างดี

2.5.2.2. ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น เพราะตัวแปรภาษาไพธอนอยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ Python Software Foundation License (PSFL) ซึ่งเป็นของ Python Software Foundation (PSF) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ ลิขสิทธิ์แม่แบบอย่าง General Public License (GPL) ของ Free Software Foundation (FSF)

2.5.2.3. ใช้ได้หลายแพลตฟอร์ม ในช่วงแรกภาษาไพธอนถูกออกแบบใช้งานกับระบบ Unix อยู่ก็จริง แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาตัวแปลภาษาไพธอน ให้สามารถใช้กับระบบปฏิบัติการอื่นๆ อาทิเช่น Linux Platform, Windows Platform, OS/2, Amiga, Mac OS X และรวมไปถึงระบบปฏิบัติการที่ .NET Framework, Java virtual machine ทำงานได้ ซึ่งใน Nokia Series 60 ก็ สามารถทำงานได้เช่นกัน 16 แนะนำภาษาไพธอน

2.5.2.4. ภาษาไพธอนถูกสร้างขึ้นโดยได้รวบรวมเอาส่วนดีของภาษาต่างๆ เข้ามาไว้ด้วยกัน อาทิเช่น ภาษา ABC, Modula-3, Icon, ANSI C, Perl, Lisp, Smalltalk และ Tcl

2.5.2.5. ไพธอนสามารถรวมการพัฒนาของระบบเข้ากับ COM, .NET และ CORBA objects

2.5.2.6. สำหรับ Java libraries แล้วสามารถใช้ Jython เพื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์จากภาษาไพธอนสำหรับ Java Virtual Machine

2.5.2.7. สำหรับ .NET Platform แล้ว สามารถใช้ IronPython ซึ่งเป็นการพัฒนาของ Microsoft เพื่อจะทำให้ ไพธอนนั้นสามารถทำงานได้บน .Net Framework ซึ่งใช้ชื่อว่า Python for .NET

2.5.2.8. ไพธอนนั้นสนับสนุน Internet Communications Engine (ICE) และการรวมกันของเทคโนโลยีอื่น ๆ อีกมากมายในอนาคต

2.5.2.9. บางครั้งนักพัฒนาอาจจะพบว่าไพธอนไม่สามารถทำงานบางอย่างได้ แต่ นักพัฒนาต้องการให้มันทำงาน ได้ ก็สามารถพัฒนาเพิ่มเติมในรูปแบบของ extension modules ซึ่งอยู่ในรูปแบบของโค้ด C หรือ C++ หรือใช้ SWIG หรือ Boost.Python

2.5.2.10. ภาษาไพธอนเป็นสามารถพัฒนาเป็นภาษาประเภท Server side Script คือ การทำงานของภาษาไพธอนจะทำงานด้านฝั่ง Server แล้วส่งผลลัพธ์กลับมาฝั่ง Client ทำให้มีความปลอดภัยสูง และยังใช้ ภาษาไพธอนนำมาพัฒนาเว็บเซอร์วิสได้อีกด้วย

2.5.2.11. ใช้พัฒนาระบบบริหารการก่อสร้างเว็บไซต์สำเร็จรูปที่เรียกว่า Content

Management Systems (CMS) ซึ่ง CMS ที่มีชื่อเสียงมาก และเบื้องหลังทำงานด้วยไพธอนคือ Plone

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.5.3 Category และ Application Domains

ภาษาไพธอนนั้น จัดอยู่ใน Category ภาษาที่สามารถสร้างงานได้หลากหลายกระบวนทัศน์ (Multi-paradigm language) โดยรองรับทั้ง Object-oriented programming, Imperative, Functional programming และ Logic programming ซึ่งไพธอนสามารถนำไปพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ได้มากมาย ได้แก่

2.5.3.1 Web และ Internet Development ไพธอนนั้นมีการสนับสนุนในด้านของ Web Development ในโซลูชันระดับสูงด้วย Zope, mega frameworks อย่าง Django และ TurboGears และรวมไปถึง Content Management Systems ชั้นสูงอย่าง Plone และ CPS จึงทำให้ไพธอนนั้น เป็น Common Gateway Interface (CGI) ระดับสูงที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ตัวหนึ่งในตลาด

2.5.3.2 Database Access ไพธอนนั้นสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลของผู้ผลิต ฐานข้อมูลต่าง ๆ มากมาย โดยผ่านทาง ODBC Interfaces และ Database Connection Interface อื่น ๆ ซึ่งสามารถทำงานร่วมกับ MySQL, Oracle, MS SQL Server, PostgreSQL, SybODBC และ อื่น ๆ ที่จะมีการเพิ่มเติมอีกในอนาคต 1.6 ซอฟต์แวร์ที่เขียนด้วยไพธอน 17

2.5.3.3 Desktop GUI เมื่อไพธอนได้ติดตั้งลงบนเครื่องของคุณแล้ว จะมี Tk GUI development library ซึ่งเป็น libraries ที่มีความสามารถเทียบเท่า Microsoft Foundation Classes (MFC, ซึ่งคล้าย ๆ กับ win32 extensions), wxWidgets, GTK, Qt, Delphi และอื่น ๆ ทำให้สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ต่าง ๆ แบบ Graphic user interface ได้

2.5.3.4 Scientific และ Numeric computation ไพธอนรองรับการทำงานของ นักวิทยาศาสตร์ในเรื่องของทฤษฎีการคำนวณ, Bioinformatics และ Physics เป็นต้น

2.5.3.5 Education ไพธอนนั้นเป็นภาษาที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนในวิชา programming อย่างมาก โดยสามารถนำไปใช้ ในระดับเบื้องต้นถึงระดับสูง ซึ่ง Python Software Foundation นั้นได้มีหลักสูตรสำหรับการเรียนการสอน ในด้านนี้อยู่แล้ว ซึ่งสามารถนำเอา pyBiblio และ Software Carpentry Course มาเรียนเพื่อเสริมความรู้ได้

2.5.3.6 Network programming เป็นการเพิ่มความมาารถจาก Web และ Internet Development ไพธอนนั้นสนับสนุนในการเขียนโปรแกรม ในระดับต่ำในด้านของ network programming ที่ง่ายต่อการพัฒนา sockets และ รวมไปถึงการทำงานร่วมกับ mudules อย่าง Twisted และ Framework สำหรับ Asynchronous network programming

2.5.3.7 Software builder และ Testing ไพธอนนั้นสนับสนุนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีการควบคุมการพัฒนาและจัดการระบบทดสอบต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนาที่สนับสนุนการเขียนโปรแกรมในไพธอนเอง ซึ่งตัวไพธอนนั้นได้มาพร้อมกัน

- Scons สำหรับ build โปรแกรม
- Buildbot และ Apache Gump ที่ใช้สำหรับงาน Automated continuous compilation และ Testing
- Roundup หรือ Trac สำหรับ bug tracking และ project management

2.5.3.8 Game และ 3D Graphics Rendering ไพธอนนั้นได้ถูกใช้ในตลาดพัฒนาเกมส์

เอกสารนี้ทั้งเชิงธุรกิจและสมัครเล่น โดยมีการสร้าง Framework สำหรับ พัฒนา Game บนไพธอนซึ่งชื่อว่า ขันด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

PyGame และ PyKyra ซึ่งยังรวมไปถึงการทำ 3D Graphics Rendering ที่ไพธอนมี libraries ทางด้านงานนี้อยู่มากมาย

## 2.6 20 Diopter Lens

### 2.6.1 คุณสมบัติ

เลนส์นำเข้านชนิดนี้ มีการใช้วัสดุบางอย่างเคลือบอยู่ ทำให้มองเห็นภาพที่ชัดเจนและมองเห็นในวงกว้าง ซึ่งภาพที่ได้จากเลนส์ตัวนี้จะมีความคมชัดกว่าชนิดอื่น เลนส์นี้จะให้ภาพจอประสาทตาที่ดี

### 2.6.2 การออกแบบ

- เลนส์แต่ละอันได้รับการประกอบจากการออกแบบทางคอมพิวเตอร์และใช้เทคนิคการประกอบมือ

- เป็นเลนส์ที่ได้รับการเคลือบด้วย hydrophobic แบบพิเศษ ซึ่งกันน้ำ กันสิ่งสกปรก และทำความสะอาดง่าย

### 2.6.3 เทคนิค

- ขั้นต้นต้องรู้เกี่ยวกับการควบคุม ophthalmoscopy โดยสามารถใช้ slit lamp หรือ binocular

- นำเลนส์ไว้ตรงกึ่งกลางรูม่านตาคนไข้

- จับเลนส์ให้อยู่ห่างจากตาคนไข้พอสมควร เพื่อให้ภาพจากเรตินามีสัดส่วนเท่ากับเลนส์

- ระวังการปรับแหล่งที่มาของแสงไม่ให้มืดหรือมีน้อยเกินไป ซึ่งจะทำความคมชัดของภาพเสีย

ไป

### 2.6.4 รายละเอียด

- ช่องมองภาพ: 46/60 องศา

- การขยายภาพ: 3.13x

- จุด Laser: 0.32 เท่า

- เลนส์: 20D

- การใช้งาน: นำมาใช้ซ้ำได้

- ระยะห่างในการทำงาน: 50 มม

### 2.6.5 การทำความสะอาด

- ทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์เช็ด



รูปที่ 2.27 20 Diopter Lens

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.7 5inch HDMI LCD

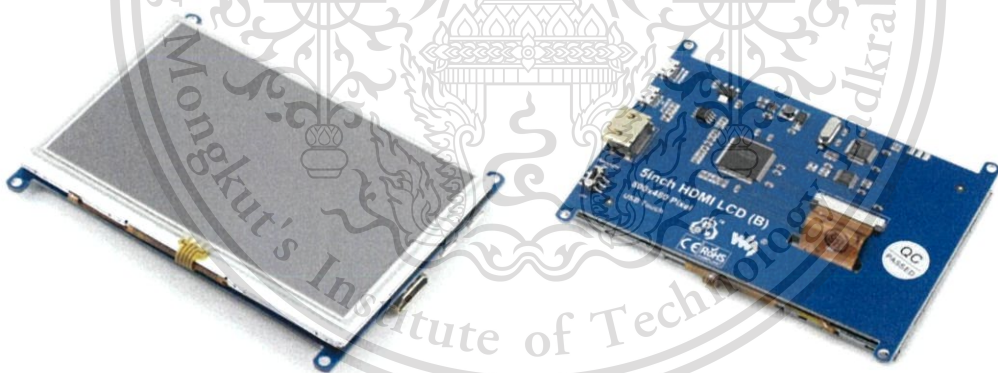
จอแอลซีดีแสดงผลแบบสัมผัส ขนาด 5 นิ้ว ความละเอียด 800 x 480 จุด เชื่อมต่อกับบอร์ด Raspberry Pi ผ่านพอร์ต HDMI มาพร้อมแผ่นทัชสกรีนแบบ Resistive เชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB พร้อมทั้งกรอบและขาตั้งอะคริลิกแบบใส

สามารถติดตั้งไดรฟ์เวอร์จากแผ่น DVD ลงบน Raspbian ของ Raspberry Pi ที่ใช้อยู่ หรือติดตั้งจาก OS Image ที่ทางผู้ผลิตคอมไพล์มาให้แล้วเพื่อใช้งานจอสัมผัส

เคสขาตั้งอะคริลิกแบบใส เลือกความเอียงได้ 2 ระดับที่ 45 หรือ 60 องศา พร้อมเจาะรูสำหรับใส่เสายึดบอร์ด Raspberry Pi 2 Model B หรือบอร์ด Raspberry Pi Model A+/B/B+ ได้

### 2.7.1 คุณสมบัติ

- ความละเอียดสูง 800 x 480
- ระบบควบคุมการสัมผัสแบบ Resistive
- สนับสนุน Raspberry Pi มาพร้อมกับโปรแกรมควบคุม Raspbian (ทำงานร่วมกับ Raspbian โดยตรง) และภาพ Ubuntu
- รองรับ Banana Pi / Banana Pro มาพร้อมกับ Ubuntu ภาพ Raspbian
- สนับสนุน BB Black มาพร้อมกับ Angstrom image
- ไม่เพียงแค่ว่าสำหรับเครื่องพีซีขนาดเล็กเท่านั้นสามารถทำงานเป็นจอคอมพิวเตอร์ได้เหมือนกับหน้าจอ HDMI ทั่วไปทั่วไป (ฟังก์ชันสัมผัสไม่สามารถใช้งานได้ในกรณีนี้)
- อินเทอร์เฟซ HDMI สำหรับการแสดง, อินเทอร์เฟซ USB สำหรับควบคุมการสัมผัส
- ควบคุมแสงด้านหลังเพื่อลดการใช้พลังงาน

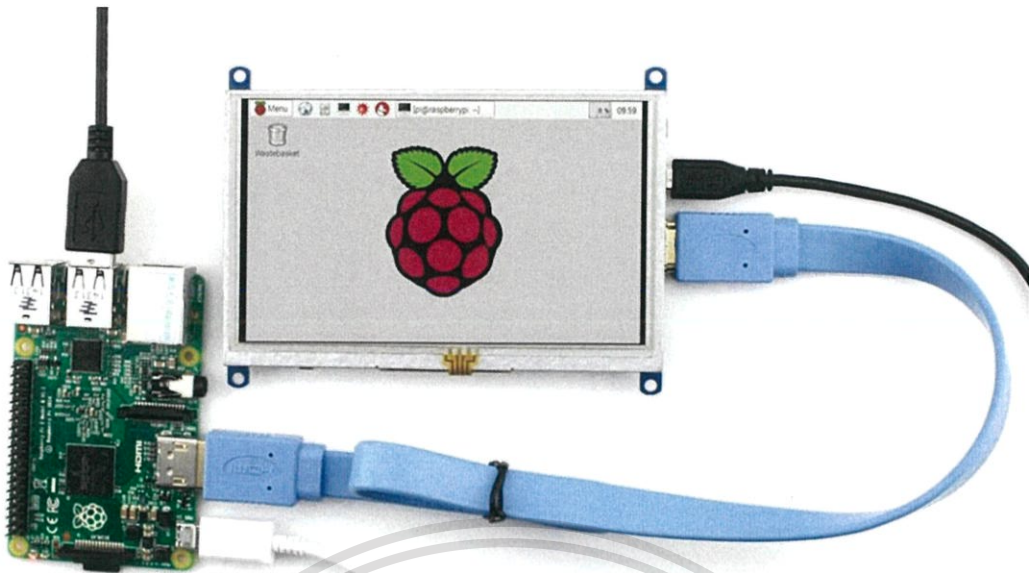


รูปที่ 2.28 หน้าจอ LCD ด้านหน้าและด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.29 หน้าจอ LCD เมื่อต่อเข้ากับ Raspberry Pi

## 2.8 การประมวลผลภาพ

### 2.8.1 Histogram Equalization

วิธีการ Histogram Equalization เป็นวิธีการปรับแก้ความสว่างแบบ Non-Linear Contrast Stretch ที่ทำการยืดข้อมูลภาพ ให้คมชัด โดยใช้ความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่ลักษณะเชิงเส้นตรง จุดประสงค์ในการใช้วิธีนี้คือ พยายามเปลี่ยนการกระจายข้อมูล ที่ไม่ปกติให้เป็นแบบปกติและปรับจำนวนจุดภาพในแต่ละค่าความเข้มให้มีจำนวนใกล้เคียงกัน

Histogram Equalization (HE) คือ วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพภาพโดยใช้วิธีการสร้างภาพที่มีจำนวนจุดภาพใกล้เคียงกัน หรือข้อมูลที่แปลงแล้ว จะมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยวิธีการนี้ใช้การกำหนดจำนวนจุดภาพ ที่เหมาะสมให้กับแต่ละค่า โดยภาพโครโมโซมที่ใช้ในการ ตัดแยกเป็นภาพ gray scale โดยจะอยู่ในช่วง  $[0, L-1]$  ซึ่ง ความน่าจะเป็นในการกระจายตัวข้อมูลภาพดังสมการที่ 2.1

$$P(r_k) = \frac{n_k}{N}, \quad k = 0, \dots, L-1 \quad (2.1)$$

โดยที่

$r_k$  คือค่าระดับ kth ใน gray level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และควรใช้เฉพาะในวงที่ออกสารเท่านั้น ไม่สามารถให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$L$  คือความหนาแน่นของค่า gray scale โดยการเพิ่มขึ้นของฟังก์ชันการกระจายตัวคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$C(r_{k+1}) = \sum_{i=0}^{i=k+1} P(r_i) \quad (2.2)$$

$$C(r_{k+1}) - C(r_k) = P(r_{k+1})$$

$$k = 0, \dots, L-1, \quad 0 \leq C(r_k) \leq 1$$

โดย HE จะใช้ค่า gray level  $S_k$  ถึง  $r_k$  จากภาพ นำเข้าโดย คำนวณจากสมการที่ 2.3

$$s_k = (L-1) \times C(r_k) \quad (2.3)$$

เมื่อค่า gray level  $S_k$  เปลี่ยนแปลงสามารถคำนวณสมการที่ 2.4

$$s_k = (L-1) \times P(r_k) \quad (2.4)$$

จากสมการที่ 4 คือระยะทางระหว่าง  $S_k$  และ  $S_{k+1}$  โดยมีเส้นทางที่สัมพันธ์กันกับ PDF ของภาพ นำเข้าในรูปแบบ gray level  $r_k$  ในทางใช้งาน อาจเกิดความผิดพลาดจาก HE โดยเกิดในสมการที่ 3 เนื่องจาก Quantization operation

### 2.8.2 Adaptive Histogram Equalization

เป็นการปรับคอนทราสต์ของรูปที่เหมือนกับ Histogram Equalization แต่จะแตกต่างกันที่ Histogram Equalization จะทำการปรับคอนทราสต์โดยใช้ฮิสโตแกรมทั้งภาพในการกระจาย แต่ Adaptive Histogram Equalization จะปรับคอนทราสต์ทีละพื้นที่เล็กๆ โดยนำเอาฮิสโตแกรมในพื้นที่นั้นมากระจายค่า และขยายไปยังพื้นที่ใหม่ ทำลักษณะเดียวกันจนครบทั้งภาพ ดังนั้นรูปที่ผ่าน Adaptive Histogram Equalization จะได้รายละเอียดที่ดีกว่า

### 2.8.3 Otsu threshold

วิธีการหาค่าระดับกัน Otsu จะทำการสมมติว่าวัตถุและพื้นหลังอยู่ในเนื้อคนละส่วน ทั้งสองกลุ่มถูกแบ่งออกจากกันด้วยค่าระดับกัน กำหนดให้กลุ่ม  $C_0$  มีค่า  $1-t$  และ  $C_1$  มีค่า  $t+1-L$  โดย  $t$  เป็นค่าระดับกัน และ  $L$  เป็นค่าสูงสุด (ปกติจะเท่ากับ 255) กลุ่ม  $C_0$  และ  $C_1$  จะกำหนดกลุ่มใดเป็นพื้นหลังก็ได้ ค่าระดับกันที่เลือก จะสามารถคำนวณหาค่าแวลูเรียนซีในแต่ละกลุ่มได้ตามวิธี Otsu คือค่าระดับกัน  $t$  ที่ทำให้แวลูเรียนซีรวมมีค่าต่ำสุด

ค่า Variance รวม คือผลรวมของน้ำหนักของ Variance ในแต่ละกลุ่ม ซึ่งหาได้จาก

$$\sigma_w^2 = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (2.5)$$

$$\text{เมื่อ } q_1 = \sum_{i=1}^t P(i) \quad \text{และ} \quad q_2 = \sum_{i=t+1}^L P(i)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น และต้องอ้างอิงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยที่  $\sigma_1^2(t)$  คือค่า Variance ของกลุ่ม C0 และหาได้จาก

$$\sigma_1^2(t) = \frac{\sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)] P(i)}{q_1(t)} \quad (2.6)$$

โดยที่  $\sigma_2^2(t)$  คือค่า Variance ของกลุ่ม C1 และหาได้จาก

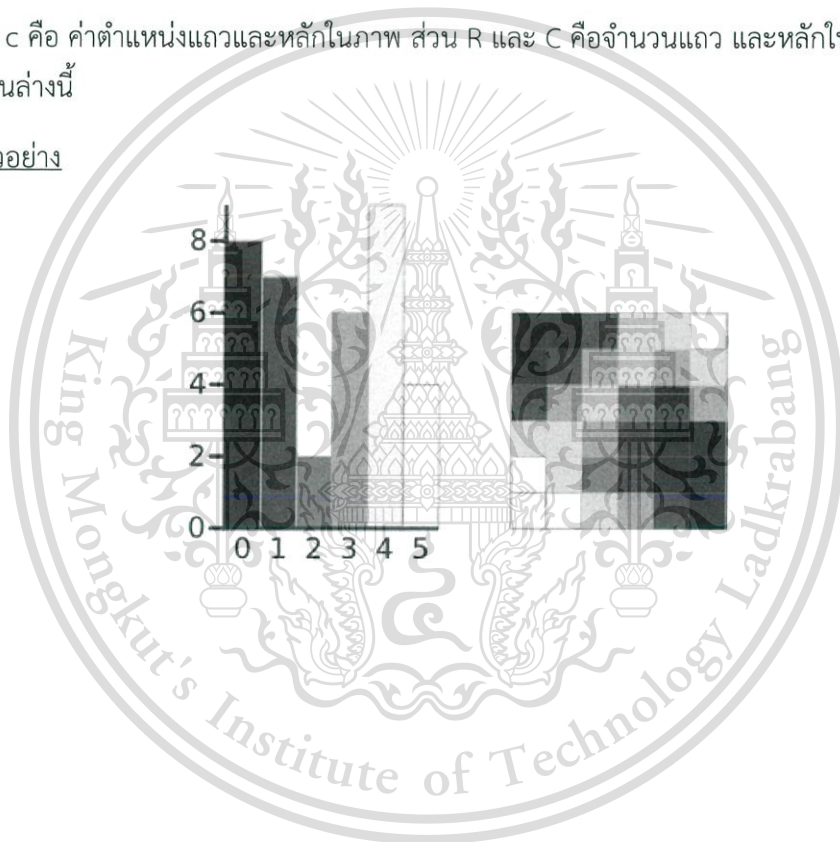
$$\sigma_2^2(t) = \frac{\sum_{i=t+1}^L [i - \mu_2(t)] P(i)}{q_2(t)} \quad (2.7)$$

เมื่อค่า  $P(i)$  คือค่าความน่าจะเป็นจะเป็นฮิสโตแกรมที่มีค่าระดับความเข้ม  $i = 1, \dots, L$  หาได้จาก

$$P(i) = \frac{\text{number}\{(r,c) | \text{image}(r,c)=i\}}{R * C} \quad (2.8)$$

เมื่อ  $r$  และ  $c$  คือ ค่าตำแหน่งแถวและหลักในภาพ ส่วน  $R$  และ  $C$  คือจำนวนแถว และหลักในภาพตามตัวอย่างด้านล่างนี้

ตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.


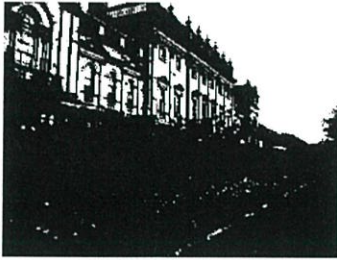
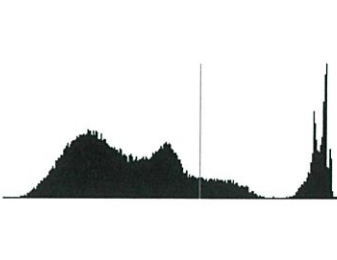


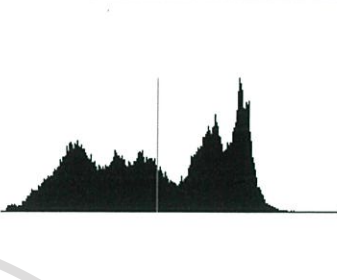


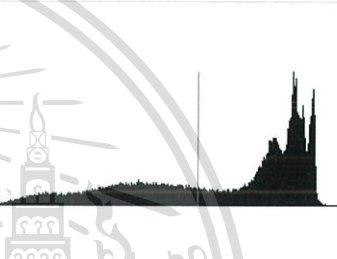
Threshold	T=0	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5
Weight, Background	$W_b = 0$	$W_b = 0.222$	$W_b = 0.4167$	$W_b = 0.4722$	$W_b = 0.6389$	$W_b = 0.8889$
Mean, Background	$M_b = 0$	$M_b = 0$	$M_b = 0.4667$	$M_b = 0.6471$	$M_b = 1.2609$	$M_b = 2.0313$
Variance, Background	$\sigma_b^2 = 0$	$\sigma_b^2 = 0$	$\sigma_b^2 = 0.2489$	$\sigma_b^2 = 0.4637$	$\sigma_b^2 = 1.4102$	$\sigma_b^2 = 2.5303$
Weight, Foreground	$W_f = 1$	$W_f = 0.7778$	$W_f = 0.5833$	$W_f = 0.5278$	$W_f = 0.3611$	$W_f = 0.1111$
Mean, Foreground	$M_f = 2.3611$	$M_f = 3.0357$	$M_f = 3.7143$	$M_f = 3.8947$	$M_f = 4.3077$	$M_f = 5.000$
Variance, Foreground	$\sigma_f^2 = 3.1196$	$\sigma_f^2 = 1.9639$	$\sigma_f^2 = 0.7755$	$\sigma_f^2 = 0.5152$	$\sigma_f^2 = 0.2130$	$\sigma_f^2 = 0$
Within Class Variance	$\sigma_W^2 = 3.1196$	$\sigma_W^2 = 1.5268$	$\sigma_W^2 = 0.5561$	$\sigma_W^2 = 0.4909$	$\sigma_W^2 = 0.9779$	$\sigma_W^2 = 2.2491$

จะเห็นได้ว่า ที่  $T=3$  จะมีค่าแวนซ์เรียนขั้วรวมต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Greyscale Image	Binary Image	Histogram
		
		
		

รูปที่ 2.30 ตัวอย่างการทำ Otsu threshold

#### 2.8.4 เทคนิคของการ Hit และ Miss

โอเปอเรชั่นพื้นฐานสำหรับการกระทำกับรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ ไม่ว่าจะเป็นการย่อหรือการขยายภาพ จำเป็นที่จะต้องมีการนำเอาเทคนิคการ Hit และ Miss มาใช้แนวคิดของนี่คือการกำหนดให้มีเมตริก (Template) ที่มีขนาดเล็กเล็ก ๆ และเป็นจำนวนคี่ (โดยทั่วไปจะมีค่าเท่ากับ 3x3) ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ โดยการเปรียบเทียบจะทำตลอดทั้งภาพตั้งแต่ต้นภาพจนถึงท้ายภาพ ถ้าข้อมูลของภาพมีลักษณะเหมือนกับเมตริกดังกล่าวเอาพุทที่ได้จะขึ้นอยู่กับพิกเซลที่เป็นศูนย์กลางของเมตริกซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นค่าตามต้องการ (1 หรือ 0) แต่ถ้าข้อมูลในเมตริกไม่เหมือนกับข้อมูลภาพเอาพุทที่ได้จะมีค่าตรงกันข้าม

#### 2.8.5 การขยายภาพ (Dilation)

การขยายภาพในที่นี้จะพิจารณาสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารีโดยการใช้เทคนิคการ Hit และ Miss การขยายภาพจะทำได้โดยกำหนด Template (ซึ่งสามารถสร้างได้จาก \* และ 1 โดยมีจุดเริ่มต้นที่กำหนดโดยวงกลม) และนำ Template นี้สแกนไปบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพซึ่งในขณะที่จุดเริ่ม (Origin) ของ Template ตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่

พิกเซลมีค่าเท่ากับ 1 นั่นก็จะทำการยูเนียน Template นี้เข้ากับข้อมูลภาพดังตัวอย่าง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.