

ตัวอย่าง

ข้อมูลภาพ	Template
* * * * * 1 * * 1 *	
* * * * * 1 * * * 1	
* * * * * 1 1 * 1 1 *	
* * * * * 1 1 1 1 1 1 1	
* * * * * 1 1 1 1 1 * 1	
* * * * * 1 1 1 1 1 1 1	1 *
* * * * * 1 1 1 1 1 1 1	1 1

ภาพและตัว Mark ตัวอย่าง

ข้อมูลแถวแรกของภาพเป็นดังนี้

\* \* \* \* \* 1 \* \* 1 \*

เมื่อทำการยุบเนียนกับ Template ณ ตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลเท่ากับ 1 ในแถวแรก

\* \* \* \* \* 1 \* \* \* 1

และเมื่อยุบเนียนกับ Template เข้ากับพิกเซลที่มีค่าเท่ากับ 1 ณ ตำแหน่งพิกเซลที่สองในแถวแรก

\* \* \* \* \* 1 1 \* 1 \*

และเมื่อทำการยุบเนียนทั้งภาพจะได้ภาพสุดท้ายดังนี้

\* \* \* \* \* 1 \* \* 1 \* \*

\* \* \* \* \* 1 1 \* 1 1 \*

\* \* \* \* \* 1 1 1 1 1 1 1

\* \* \* \* \* 1 1 1 1 1 1 1

\* \* \* \* \* 1 1 1 1 1 1 1

\* \* \* \* \* 1 1 1 1 1 1 1

\* \* \* \* \* 1 1 1 1 1 1 1

\* \* \* \* \* 1 1 1 1 1 1 1

\* \* \* \* \* 1 1 1 1 1 1 1

2.8.6 การทำเทคนิคขาว-ดำ (Entropy)

ในทางคลินิคนั้น ความเข้มแสงของภาพจอประสาทตานั้นถูกพิจารณาว่าเป็นว่าอุปสรรคในการหาจุดพอกกับการตรวจจیب OD เนื่องมาจากช่วงของค่าความเข้มแสงมีความแตกต่างกันในแต่ละรูป

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.

เราพยายามทำการวัดค่าสูงสุดของข้อมูลระหว่างวัตถุกับพื้นหลัง ซึ่งในตอนนี้จะใช้วิธีการสองแบบ เพื่อใช้วิเคราะห์และเปรียบเทียบ

ขั้นตอนแรก เริ่มต้นโดยการนับจำนวนพิกเซลจากภาพ ซึ่งได้ทำการคำนวณระดับของความเข้มแสง เพื่อใช้หาค่าแบ่งระดับในการแปลงภาพเป็นภาพขาวดำ ซึ่งเราจะใช้ค่า 0.5% ของพิกเซลที่มีความสว่างเป็นระดับในการแบ่งภาพจากสัญญาณของสีแดงไปสู่ภาพขาวดำ

ขั้นตอนที่สอง จะใช้ Shannon Entropy ในการหาค่าสูงสุดของ Entropy Threshold ซึ่ง Shannon Entropy มีสมการดังนี้

$$H(X) = - \sum_{x=0}^{N-1} P_x \log_2 P_x \quad (2.9)$$

ที่

$$\sum_{x=0}^{N-1} P_x = 1, 0 \leq P_x \leq 1 \quad (2.10)$$

เมื่อ  $x = 1, 2, 3, \dots, N$  เป็นเซตของค่าที่ได้ซึ่งมีความเป็นไปได้

การวัดค่าของ Shannon นั้นจะใช้เพื่อข้อมูลที่รับมา ที่มีทางเลือกและความไม่แน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่าที่น้อยที่สุด  $H(X) = 0$  ถ้าหาก  $P_{x_0} = 1, \forall x_0 \neq x, P_x = 0$  เมื่อ  $x$  สามารถระบุตำแหน่งที่กระจายในทางตรงกันข้าม  $H(X)$  มีค่ามากที่สุดเมื่อ  $P_x$  เท่ากัน ยกตัวอย่างเช่น

$$P_x = \frac{1}{N} : x = 1, 2, 3, \dots, N \quad (2.11)$$

ในงานวิจัยนี้ ฟังก์ชันของ Entropy ที่ได้ทำการศึกษาระดับของฮิสโทแกรมของระดับสีเทาของภาพ โดยได้สมมติให้  $i$  เป็นค่าระดับสีเทาในรูป เพราะฉะนั้นจะได้  $i = [0, 1 \dots t - 1, t, t + 1 \dots 255]$ , และความเป็นไปได้ที่พิกเซลจะเป็น  $i$  ระบุได้ดังนี้

$$P_i = \frac{n_i}{n} \quad (2.12)$$

เมื่อ  $n$  เป็นจำนวนของพิกเซลทั้งหมดในภาพ และ  $n_i$  เป็นจำนวนของพิกเซลที่เป็นสีเทาเมื่อนำ  $b$  และ  $0$  ที่แทนพื้นหลังและวัตถุตามลำดับลงในสมการจะได้ความเป็นไปได้ของ  $b$  และ  $0$  ดังนี้

$$P_b = \sum_{i=0}^{t-1} P_i \quad (2.13)$$

$$P_0 = \sum_{i=t}^{255} P_i \quad (2.14)$$

ดังนั้น Entropy ของวัตถุและพื้นหลังที่มีค่าความเป็นไปได้ในการกระจายตัว

$$H_b(t) = - \sum_{i=0}^{t-1} \frac{P_i}{P_b} \log_2 \frac{P_i}{P_b} \quad (2.15)$$

$$H_0(t) = - \sum_{i=t}^{255} \frac{P_i}{P_0} \log_2 \frac{P_i}{P_0} \quad (2.16)$$

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.

เพราะฉะนั้น Entropy ของระดับสีเทาในภาพจะถูกแบ่งแยกโดยใช้ Threshold  $t$  คือ

$$H(t) = H_b(t) + H_0(t) \quad (2.17)$$

ทฤษฎีของ Entropy ที่มีค่ามากที่สุด ใช้เพื่อเลือกค่า  $t$  ที่สามารถทำให้ค่า  $H$  มีค่ามากที่สุด ดังนี้

$$t = \text{ArgMax}(H(t)) \quad (2.18)$$

เมื่อ  $0 \leq t \leq 255$  และ ArgMax ย่อมาจากมุมสูงสุด

โดยจะจับวัตถุได้เป็นพิกเซลที่มีความสว่างหลังจากใช้ระดับ Threshold  $t$  บนสัญญาณของสีแดงในจอประสาทตา

### 2.8.7 การแยกส่วนภาพด้วย ROI Base

หลังจากการทำการแปลงภาพเป็นขาวดำ และจะได้วัตถุที่ต้องการเป็นพิกเซลสว่าง ซึ่งจะประกอบไปด้วยสิ่งรบกวน, OD, จุด จึงใช้การแยกส่วนภาพด้วย ROI Base จึงเลือกเอาสิ่งที่สนใจออกมา ซึ่งในที่นี้คือ OD โดยจะมี 2 โพรเซส โดยเริ่มจากการเชื่อมต่อพิกเซลที่อยู่ใกล้ๆกันเป็นกลุ่ม หลังจากนั้นทำการเติมกลุ่มพิกเซลที่มีขนาดเล็กๆ ทั้งหมดเพื่อให้เกิดความสมูท ขั้นตอนสุดท้ายเราจะใช้การวัด Compactness Measurement ในการหาพื้นที่ที่เป็นวงกลมมากที่สุด นั่นคือ OD จะมีค่า Compactness มากสุด ซึ่งมีค่า  $\approx 1$  ถ้าหากเป็นพื้นที่วงกลม โดยสมการของ Compactness เป็นดังนี้

$$C(R) = \frac{4\pi A(R)}{l_p^2(R)} \quad (2.19)$$

เมื่อ  $R$  เป็นพื้นที่ที่มีจำนวนพิกเซลเชื่อมต่อกันมากกว่า 20,000 พิกเซล และพื้นที่ที่มีการเชื่อมต่อของพิกเซลที่น้อยกว่า 20,000 พิกเซลนั้น จะถูกมองว่าเป็นสิ่งรบกวน และจะถูกกำจัดออก  $A(R)$  เป็นจำนวนของพิกเซลในพื้นที่นั้นๆ  $R$  และ  $l_p(R)$  เป็นความยาวของขอบของพื้นที่  $R$

### 2.8.8 Optic Disc

Optic Disc Localization ผลจากการทำการแยกส่วนภาพด้วย ROI Base นั้นจะไม่สามารถตรวจจับได้ หากว่าระดับแบ่งที่ใช้มีค่าสูงมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ดังนั้นพื้นที่ของ OD ที่จะทำการประมาณนั้นเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อน ว่าพื้นที่ของ OD จะถูกล้อมรอบได้ด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งพิกเซลที่อยู่ภายในนั้นเล็กประมาณ 27 เท่าของพิกเซลทั้งหมดในภาพจอประสาทตา ที่บอกว่าขอบเขตของพื้นที่ของ OD จะเล็กกว่าพิกเซลทั้งหมดของภาพ ประมาณ 21-56 เท่า จึงจะสามารถกำหนดขอบเขตของ OD ที่วิเคราะห์จากการนับพิกเซล จากผลที่สามารถตรวจจับ OD ได้ ซึ่งค่าสูงสุดและต่ำสุดของพื้นที่คือ 229,860 และ 100,780 พิกเซลตามลำดับ ถ้าหากขนาดของ OD มีค่าเกินกว่าค่าสูงสุด ระบบจะทำการครอบและจะกลับไปทำโปรเซสซ้ำ ตั้งแต่ขั้นตอนการแปลงภาพเป็นขาวดำ จนถึงขั้นตอนสุดท้าย เพื่อให้ได้ค่า OD อยู่ในช่วงที่กำหนด แต่ถ้า OD ยังมีขนาดเล็กเกินไป ระบบจะวนกลับไปโดยลดค่าระดับแบ่งลง

การสกัด Optic Disc จะทำหลังจากสามารถตรวจพบ OD แล้ว ซึ่งเราจะได้แค่หน้ากากของ OD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ห้ามมิให้ผู้อื่นซึ่งมิใช่เจ้าของลิขสิทธิ์นำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

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.

Morphological Reconstruction (MR) โดยโปรเซสของ MR จะทำการขยายกับภาพสองภาพ ซึ่งก็คือ Mask และ Marker ซึ่งพิกเซลทั้งหมดใน OD Mask นั้นเราจะทำการอินเวอร์สก่อนแล้วจะใช้เป็น Marker แล้วเราจะใช้ภาพต้นฉบับเป็น Mask และนำมาทับซ้อนกันให้พิกเซลของ Marker ซ้อนทับกับพิกเซลของ Mask โดย Dilation ไปเรื่อยๆ จนคอนทัวของ Marker พอดีกับ Mask อธิบายได้ดังสมการ

$$OD_g = R_B(F) \quad (2.20)$$

เมื่อ  $B$  เป็นภาพต้นฉบับ,  $F$  เป็นค่าอินเวอส์ของ OD Mask,  $OD_g$  เป็นการทำให้โครงร่างของ  $B$  จาก  $F$

### 2.8.9 การเคลื่อนย้ายภาพ (Translation)

การเคลื่อนย้ายภาพ  $f(x,y)$  เทียบกับจุดกำเนิด Cartesian ไปเป็นภาพ  $g(u,v)$  เกี่ยวข้องกับการคำนวณตำแหน่งออฟเซตสัมพัทธ์ (Relative Offset Address) ของภาพทั้งสอง ความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่เคลื่อนย้าย คือ

$$u = x + t_x \quad (2.21)$$

$$v = y + t_y \quad (2.22)$$

โดยที่  $t_x$  และ  $t_y$  แทนระยะของการย้ายตำแหน่ง



(a) ก่อนย้าย

(b) หลังย้าย

รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการย้ายภาพ  $t_x = 30$  และ  $t_y = 45$

### 2.8.10 การหมุนภาพ (Rotation)

การหมุนภาพรอบจุดกำเนิดสามารถทำได้โดยการคำนวณ ดังนี้

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.

พิจารณาการหมุนของจุด  $(x,y)$  รอบจุดกำเนิดไปที่จุด  $(x',y')$  ด้วยมุม  $\theta$  เราสามารถแทนจุด  $(x,y)$  และจุด  $(u,v)$  ในพิกัดโพลาร์ได้ดังนี้

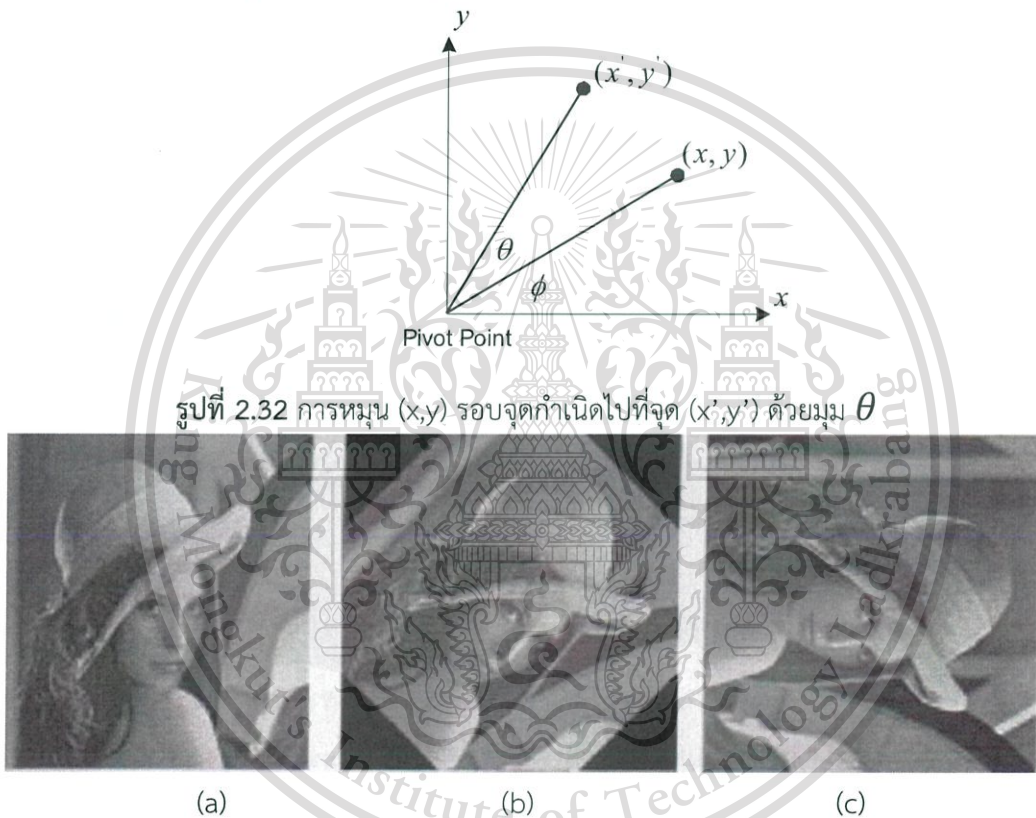
$$x = r \cos(\phi) , \quad y = r \sin(\phi) \quad (2.23)$$

และ

$$\begin{aligned} x' &= r \cos(\phi + \theta) = r(\cos\phi \cos\theta - \sin\phi \sin\theta) \\ y' &= r \sin(\phi + \theta) = r(\sin\phi \cos\theta + \cos\phi \sin\theta) \end{aligned} \quad (2.24)$$

เพราะฉะนั้นจากสมการที่ (2.23) และ (2.24) จะได้สมการของการหมุนรอบจุด Pivot Point ดังนี้คือ

$$\begin{aligned} x' &= x \cos(\theta) - y \sin\theta \\ y' &= x \sin(\theta) + y \cos\theta \end{aligned} \quad (2.25)$$



รูปที่ 2.33 ตัวอย่างการหมุนภาพ (a) ภาพต้นฉบับ; (b) การหมุนภาพ  $45^{\circ}$ ; (c) การหมุนภาพ  $90^{\circ}$

โดยที่  $\theta$  แทนมุมของการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เมื่อเทียบกับแกนนอน สมการการหมุนภาพ (2.25) แทนการหมุนภาพรอบจุดกำเนิดในระบบพิกัด Cartesian การหมุนภาพรอบจุดใดๆ สามารถทำได้โดย (1) เลื่อนจุดหมุนไปที่จุดกำเนิด (2) ทำการหมุนภาพ (3) เลื่อนจุดหมุนกลับไปที่ได้เดิม ดังตัวอย่างการหมุนภาพในรูปที่ 2.33

## 2.9 การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement)

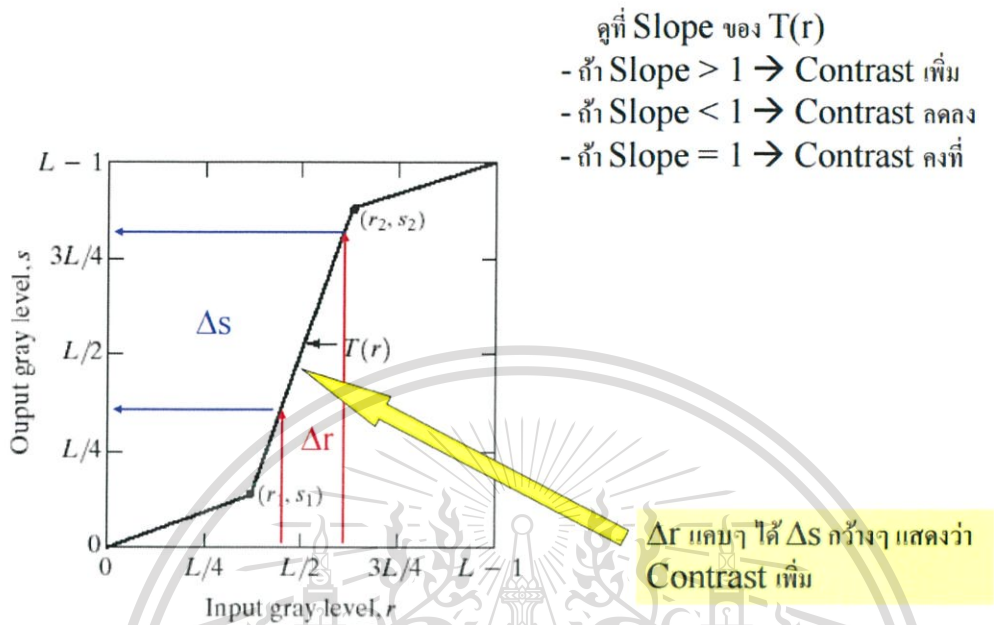
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

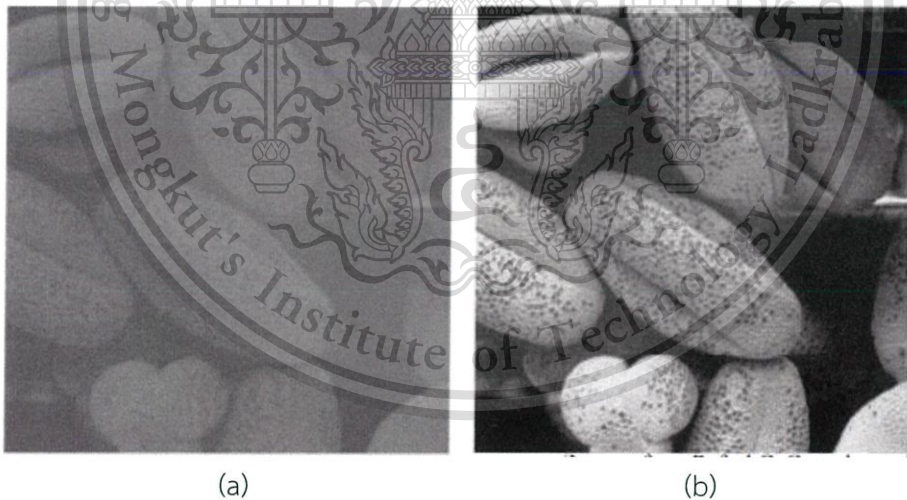
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.9.1 การยืดคอนทราสต์ (Contrast stretching)

ภาพที่มีคอนทราสต์ต่ำๆ จะพบได้บ่อยๆ ซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาวะของแสงที่ไม่สม่ำเสมอหรือเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นหรือช่วงไดนามิกที่ต่ำ (Small Dynamic Range) ของเซนเซอร์ภาพ



รูปที่ 2.34 กราฟที่แสดงให้ว่า ภาพจะเกิดคอนทราสต์ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.35 ตัวอย่างการยืดคอนทราสต์ (a) ภาพต้นฉบับ; (b) ภาพที่มีการปรับปรุง

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.

## 2.9.2 การฟิลเตอร์ภาพ (Image Filtering)

การฟิลเตอร์ภาพเป็นการประมวลผลที่สำคัญในการกำจัดองค์ประกอบความถี่ที่ไม่ต้องการออกจากภาพ การกำจัดความถี่สูงออกจากภาพ ซึ่งเรียกว่าฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ผลลัพธ์ที่ได้คือ ภาพดูนุ่มนวลขึ้น (Soft) ซึ่งอาจเรียกฟิลเตอร์นี้ว่า ฟิลเตอร์การเฉลี่ย (Averaging) ในทางตรงกันข้าม การกำจัดความถี่ต่ำออกจากภาพ จะเรียกว่า ฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) ผลลัพธ์ที่ได้คือ ทำให้เหลือแต่องค์ประกอบที่เป็นขอบภาพ หรืออาจเรียกว่า การตรวจหาขอบภาพ (Edge Detection) แต่ในที่นี้เราจะพูดถึงฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่านที่ใช้กำจัดสัญญาณรบกวนที่มีคุณสมบัติแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise) และฟิลเตอร์กรองแบบมีเดียน (Median Filter) ที่ใช้กำจัดสัญญาณแบบเม็ดขาวและดำ การฟิลเตอร์ภาพใช้หลักการของคอนโวลูชัน แบบ 2 มิติ

### 2.9.2.1 คอนโวลูชัน (Convolution)

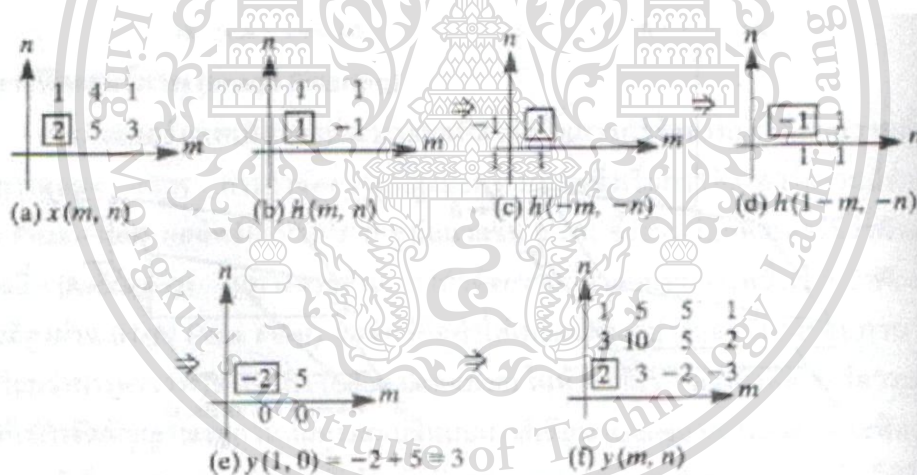
การคอนโวลูชันใน 2 มิติ ระหว่าง  $f(x,y)$  และ  $g(x,y)$  มีคำจำกัดความดังนี้

$$f(x,y) * g(x,y) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(\alpha, \beta) g(x - \alpha, y - \beta) d\alpha d\beta \quad (2.26)$$

### 2.9.2.2 ฟิลเตอร์แบบค่าเฉลี่ย (Averaging)

ฟิลเตอร์แบบนี้ แต่ละพิกเซลจะถูกแทนด้วยค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของพิกเซลข้างเคียง ซึ่งหมายถึง การคอนโวลูชัน นั่นคือ

$$y(m,n) = \sum \sum h(k,l) x(m - k, n - l) \quad (2.27)$$



รูปที่ 2.36 การคอนโวลูชัน 2 มิติ

โดยที่  $y(m,n)$  และ  $x(m,n)$  คือภาพเอาท์พุทและภาพอินพุทตามลำดับ  $W$  คือหน้าตาและ  $h(k,l)$  คค คือค่าน้ำหนักการฟิลเตอร์ ชนิดของฟิลเตอร์แบบค่าเฉลี่ยที่รู้จักกันดี คือชนิดที่ค่าน้ำหนักเท่ากันนั่นคือ

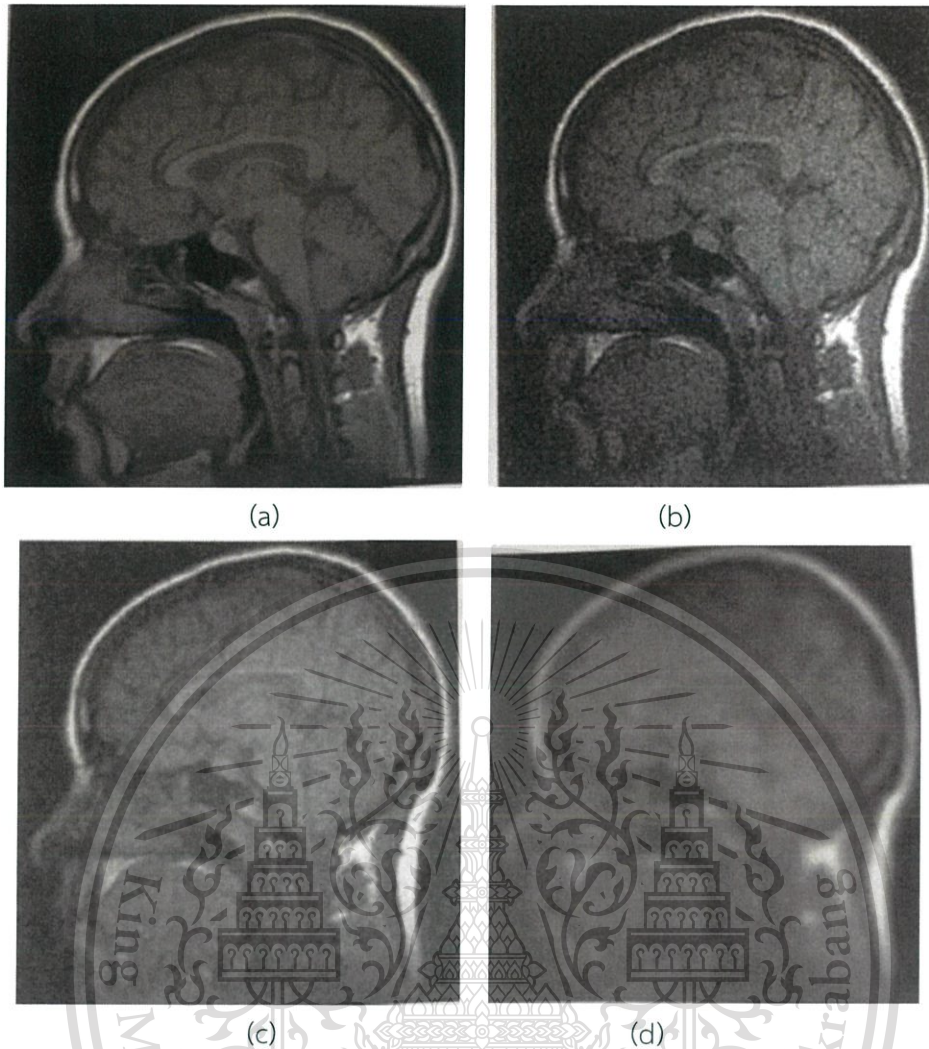
$$y(m,n) = \frac{1}{N} \sum \sum x(m - k, n - l) \quad (2.28)$$

โดยที่  $h(k,l) = 1/N$  และ  $N$  คือจำนวนพิกเซลในหน้าตา  $W$  ฟิลเตอร์การเฉลี่ย นั่นคือแต่ละพิกเซลจะถูกแทนที่ด้วยค่าเฉลี่ยของสี่พิกเซลที่ใกล้ที่สุด

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 2.37 การฟิลเตอร์แบบค่าเฉลี่ย สำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian (a) ภาพต้นฉบับ; (b) ภาพที่มีสัญญาณรบกวน; (c) ภาพที่ถูกฟิลเตอร์ด้วยหน้ากาทขนาด 3x3; (d) ภาพที่ถูกฟิลเตอร์ด้วยหน้ากาทขนาด 7x7;

### 2.9.2.3 ฟิลเตอร์แบบค่ามีเดียน (Median Filtering)

ฟิลเตอร์แบบค่ามีเดียน (Median Filter) ที่ใช้กำจัดสัญญาณแบบเม็ดขาวและดำ ในกรณีนี้พิกเซลเอารท์พุทจะถูกแทนที่ด้วยค่ามีเดียนของพิกเซลที่อยู่ในหน้าต่างรอบๆ พิกเซลของภาพอินพุท นั่นคือ

$$y(m,n) = \text{median}\{x(m-k,n-l), (k,l) \in W\} \quad (2.29)$$

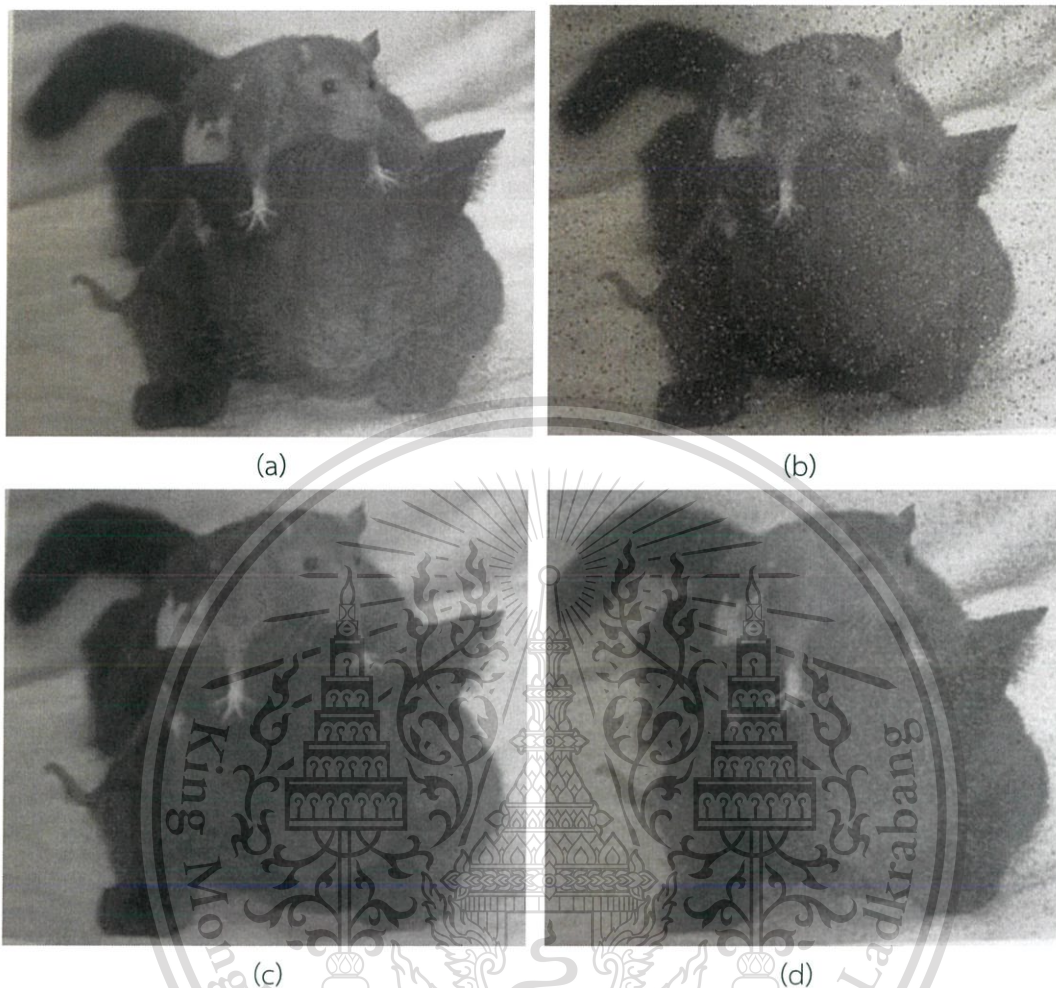
โดยที่  $W$  คือหน้าต่าง อัลกอริทึมสำหรับฟิลเตอร์แบบมีเดียนจะทำการเรียงค่าพิกเซลในลักษณะที่เพิ่มขึ้นและลดลง แล้วทำการเลือกค่าที่อยู่ตรงกลาง โดยทั่วไปขนาดของหน้าต่างถูกเลือกให้  $N$  เป็นเลขคี่ เช่น 3x3 เป็นต้น แต่ถ้า  $N$  เป็นเลขคู่ ค่ามีเดียนจะเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างสองค่าตรงกลาง เนื่องจากสัญญาณรบกวน Salt&Peppers มีความเข้มข้นน้อยสุดหรือมากสุดในหน้าต่าง จึงไม่มีผลต่อการหามีเดียน กล่าวคือค่ามีเดียนเป็นค่าของความเข้มแสงของพิกเซลที่มีค่าตรงกลางในหน้าต่าง ซึ่ง

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.

เป็นของพิกเซลปกติที่ไม่มีสัญญาณรบกวน พิลเตอร์กรองแบบมีเดียนจะได้ผลดีในกรณีที่มีด Salt&Peppers มีขนาดใหญ่ไม่มาก



รูปที่ 2.38 เปรียบเทียบการเฉลี่ยแบบสเปเชียลและการฟิลเตอร์แบบค่ามีเดียน (a) ภาพต้นฉบับ; (b) ภาพที่มีสัญญาณรบกวน; (c) การฟิลเตอร์แบบค่ามีเดียน; (d) ภาพที่ได้รับการฟิลเตอร์แบบค่าเฉลี่ย 5 จุด;

#### 2.9.2.4 ขบวนการเน้นขอบ (Unsharp Masking)

เทคนิคเน้นขอบใช้มากในอุตสาหกรรมกราฟิกเพื่อทำการเน้นขอบ วิธีนี้จะทำการลบภาพที่ถูกกรองความถี่ต่ำหรือภาพไม่คม ออกจากภาพเดิม ซึ่งเทียบเท่ากับการเพิ่มค่าเกรเดียน (Gradient) หรือสัญญาณความถี่สูงผ่านเข้าไปในภาพ โดยทั่วไปการปิดบังความไม่คม สามารถแทนด้วย

$$v(m,n) = u(m,n) + \lambda g(m,n) \quad (2.30)$$

โดยที่  $\lambda > 0$  และ  $g(m,n)$  คือเกรเดียนที่ตำแหน่ง  $(m,n)$  ฟังก์ชันเกรเดียนที่ใช้บ่อย คือดิฟเฟอเรนเชียล Laplacian

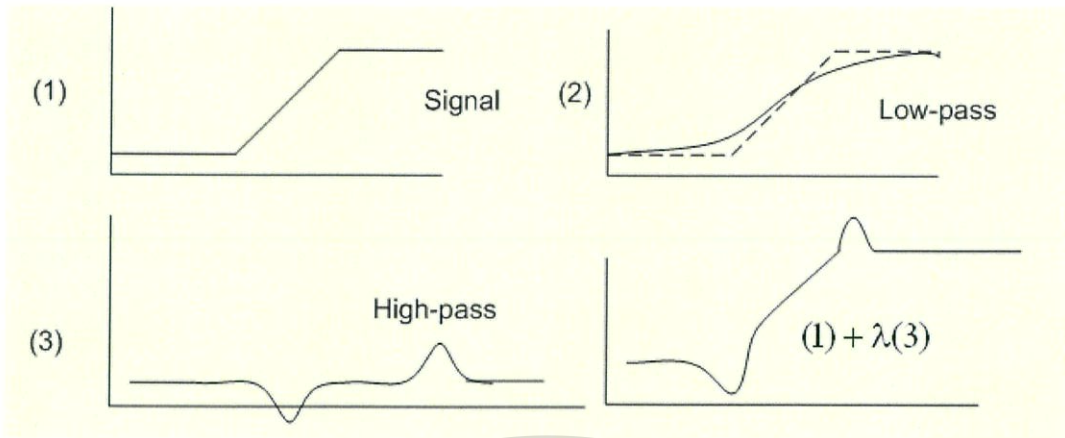
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

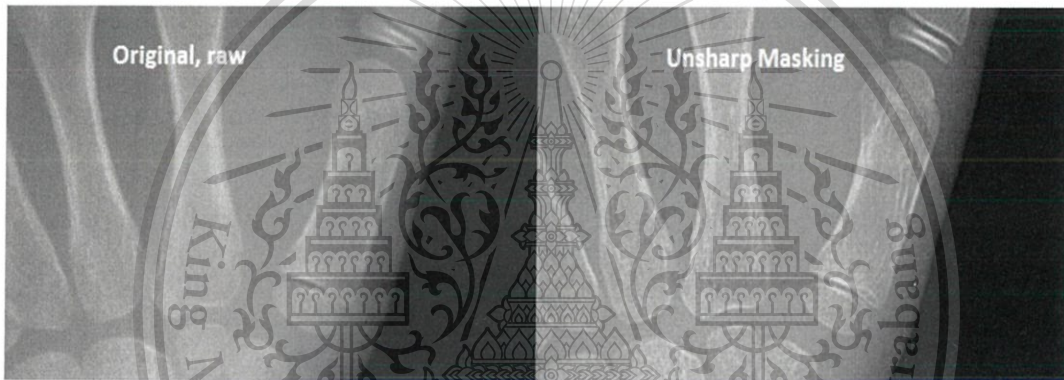
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$g(m,n) = u(m,n) - \frac{1}{4} [u(m-1,n) + u(m,n-1) + u(m+1,n) + u(m,n+1)]$$

(2.31)



รูปที่ 2.39 การเน้นขอบ



รูปที่ 2.40 ตัวอย่างภาพการเน้นขอบ

#### 2.9.2.5 การฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่าน ความถี่สูงผ่าน และแถบความถี่ผ่าน (Band-pass)

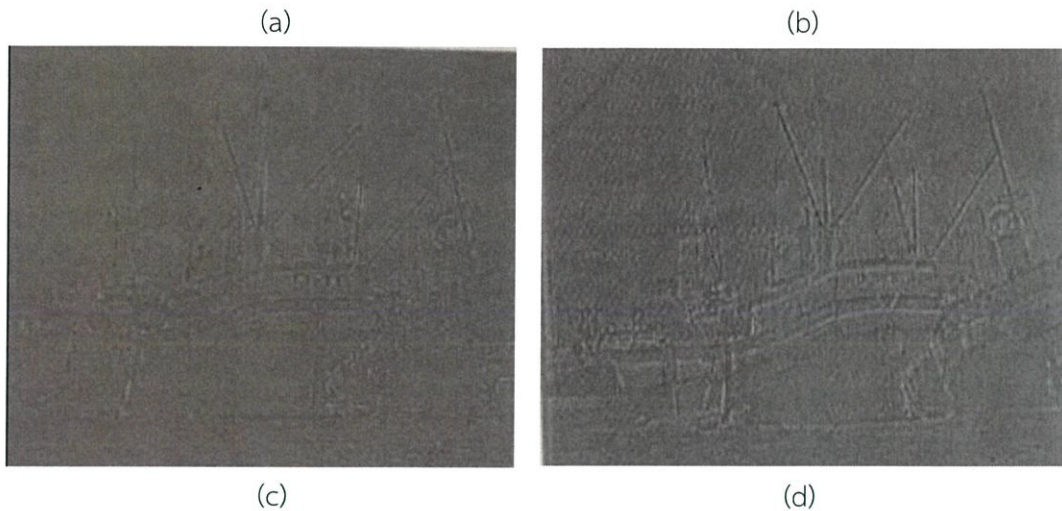
ฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่านมีประโยชน์ในการจำกัดสัญญาณรบกวนหรือการอินเตอร์โพลชัน ฟิลเตอร์ความถี่สูงผ่านใช้ประโยชน์ในการหาขอบหรือการทำให้ภาพคมชัดขึ้น ฟิลเตอร์แถบความถี่ผ่าน มีประโยชน์ในการเน้นขอบหรือลักษณะของภาพที่มีองค์ประกอบความถี่สูง ในกรณีที่มีสัญญาณรบกวน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปเผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า  
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 2.41 ตัวอย่างการฟิลเตอร์ (a) ภาพต้นฉบับ; (b) ภาพความถี่ต่ำผ่าน; (c) ภาพความถี่สูงผ่าน; (d) ภาพแถบความถี่ผ่าน;

### 2.9.3 การขยาย (Magnification) และการอินเตอร์โพลชัน (การซูม (Zooming))

บ่อยครั้งที่เราต้องการที่จะซูมบริเวณของภาพ ซึ่งได้แก่ นำภาพมาแสดงเป็นภาพที่มีขนาดใหญ่ขึ้น แบ่งได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การซ้ำและการอินเตอร์โพลชันเชิงเส้น

#### 2.9.3.1 การซ้ำ

การทำให้ภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำได้โดยใช้ซ้ำค่าพิกเซล ทำโดยการเพิ่มพิกเซลด้านข้างและด้านล่าง พิกเซลตำแหน่งที่พิจารณาขึ้นมาอีก 1 พิกเซล โดยให้มีค่าเท่ากับพิกเซลที่พิจารณา ในทางปฏิบัติจะมีการเพิ่มแถวและคอลัมน์ที่มีค่าศูนย์เพื่อให้ได้ภาพขนาด  $2N \times 2N$

#### 2.9.3.2 การอินเตอร์โพลชันเชิงเส้น

ในการทำการอินเตอร์โพลชันเชิงเส้น เราจะใช้เส้นตรงเพื่อทำการฟิต (Fit) ระหว่างพิกเซลในแนวแถว จากนั้นพิกเซลตามแนวคอลัมน์จะถูกอินเตอร์โพลทในแนวเส้นตรง

### 2.9.4 การตรวจหาขอบภาพ (Edge Detection)

เราจะกล่าวถึงเทคนิคที่ใช้ในการตรวจหาชนิดพื้นฐานของความไม่ต่อเนื่องทั้งสาม ได้แก่ ขอบ เส้นและ จุด

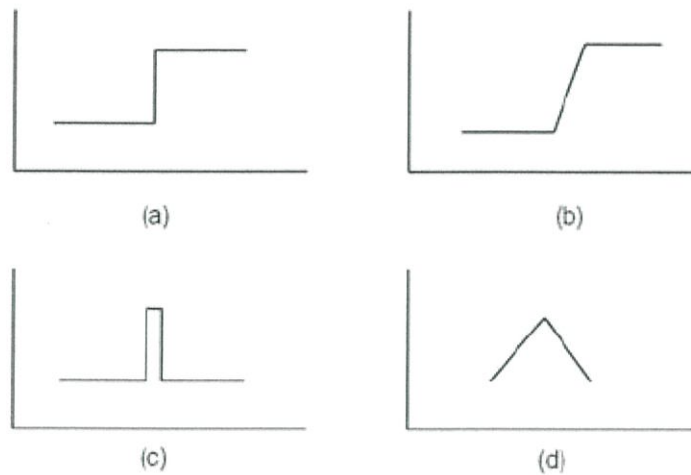
#### 2.9.4.1 ขอบ เส้นและจุด (Edge, Line and Spot)

จากรูป 2.42 (b) แสดงขอบแบบแรมป์ (Ramp Edge) ใน 1 มิติ สังเกตว่าค่าของความเข้มค่อยๆเพิ่มจากน้อยไปมาก จนจะได้รูป 2.42 (a) แต่ถ้าบริเวณของภาพมีค่าของความเข้มเพิ่มจากน้อยไปมาก จากนั้นจึงลดลงจากมากไปน้อย จนกลายเป็นเส้นดังรูป 2.42 (c)

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.



รูป 2.42 แบบจำลองเส้นและขอบในโดเมนต่อเนื่อง 1 มิติ (a) Step edge; (b) Ramp edge; (c) Line; (d) Root edge

#### 2.9.4.2 การตรวจจับขอบโดยใช้การหาอนุพันธ์ (First-Order Derivative Edge Detection)

วิธีการหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 เกี่ยวข้องกับการหาเกรเดียนต์ในภาพในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน

- การหาออร์โธโกนอลเกรเดียนต์ Orthogonal Gradient Generation

ภาพต่อเนื่อง  $f(x,y)$  มีค่าอนุพันธ์ในตำแหน่งของขอบสูงสุด ดังนั้นเทคนิคการหาขอบภาพ ก็คือการวัดค่าออร์โธโกนอลเกรเดียนต์

$$\frac{\partial f}{\partial r} = \frac{\partial f}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial r} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial r} = f_x \cos \theta + f_y \sin \theta \quad (2.32)$$

ค่าสูงสุดของ  $\frac{\partial f}{\partial r}$  ได้จากการเซตให้  $(\frac{\partial}{\partial \theta}) * (\frac{\partial f}{\partial r}) = 0$  ซึ่งได้เป็น

$$f_x \sin \theta + f_y \cos \theta = 0 \quad \text{ซึ่ง} \quad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{f_y}{f_x}\right) \quad (2.33)$$

$$G(j,k) = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (2.34)$$

ขนาดของเกรเดียนต์ได้จากสมการ (2.34) ซึ่งเราอาจจะใช้ค่าแอมป์ไลจูด ในการคำนวณหาขนาดของเกรเดียนต์ นั่นคือ

$$G(j,k) = |f_x| + |f_y| \quad (2.35)$$

วิธีที่ง่ายที่สุดในการหาขอบภาพ คือการหาค่าผลต่างเคลื่อนที่ (Running Difference) ของพิกเซลตามแนวแถวและแนวคอลัมน์ของภาพ ซึ่งเป็นการประมาณการหาอนุพันธ์ในแนวแถวและแนวคอลัมน์เกรเดียนต์ตามแนวแถวหาได้จาก

$$G_R(j,k) = F(j,k) - F(j,k+1) \quad (2.36)$$

เกรเดียนต์ตามแนวคอลัมน์หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

$$G_C(j, k) = F(j, k) - F(j - 1, k) \quad (2.37)$$



(a)



(b)

(c)

รูป 2.43 แกรเดียนของภาพพริกใช้วิธี Robert (a) ภาพต้นฉบับ; (b) ค่าแอมป์โซลูท; (c) ค่ารากที่สอง;

จากรูป 2.43 แสดงให้เห็นว่าวัตถุในภาพที่ใช้แกรเดียนแบบค่ารากที่สองมีลักษณะที่ดีกว่าแบบใช้ค่าแอมป์โซลูท

ข้อเสียของการหาขอบแบบใช้ผลต่างเคลื่อนที่ที่กล่าวก่อนหน้านี้ คือความคลุมเครือในการระบุตำแหน่งของขอบแบบแรมป์ ข้อเสียนี้สามารถแก้ไขได้โดยการหาผลต่างของพิกเซลชั้นด้วยศูนย์ แกรเดียนแนวนอนและแนวตั้งที่ถูกปรับปรุง คือ

$$G_R(j, k) = F(j, k + 1) - F(j, k - 1) \quad (2.38)$$

$$G_C(j, k) = F(j - 1, k) - F(j + 1, k) \quad (2.39)$$

จากรูป 2.44 แกรเดียนของภาพพริกที่ได้จากการหาขอบชนิด Prewitt, Sobel และ Frei-Chen ภาพที่ได้มีลักษณะดีกว่าการหาขอบแบบ Robert เนื่องจากขนาดที่ใหญ่กว่า การเฉลี่ยของการกระเพื่อมของความเข้ม (Luminance Fluctuation) ทำได้ดีกว่า

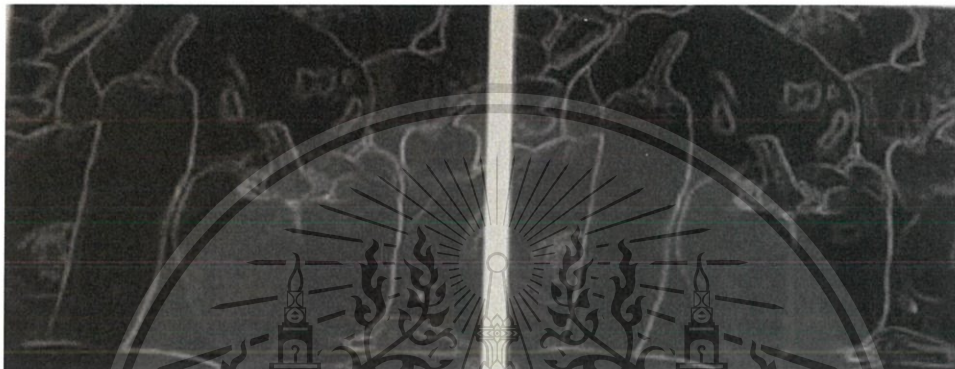
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(a)



(b)

(c)

รูป 2.44 แกรเดียนของภาพพริกที่ได้จากการหาขอบชนิดต่างๆ (a) Prewitt; (b) Sobel และ (c) Frei-Chen;

#### 2.9.4.3 การหาแกรเดียนแบบใช้รูปแบบของขอบ (Edge Template Gradient Generation)

การหาแกรเดียนที่ผ่านการทำในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน (Orthogonal Direction) นั่นคือตามแนวแถวและแนวคอลัมน์ มีการหาแกรเดียนอีกวิธีหนึ่งที่ทำในทิศทางที่มากกว่าสอง ด้วยการคอนโวลูชันภาพกับเซตของอาร์เรย์ การตอบสนองอิมพัลส์แกรเดียน แกรเดียนของรูปแบบขอบถูกนิยามดังนี้

$$G(j, k) = \text{MAX}\{|G_1(j, k)|, |G_2(j, k)|, \dots, |G_M(j, k)|\} \quad (2.40)$$

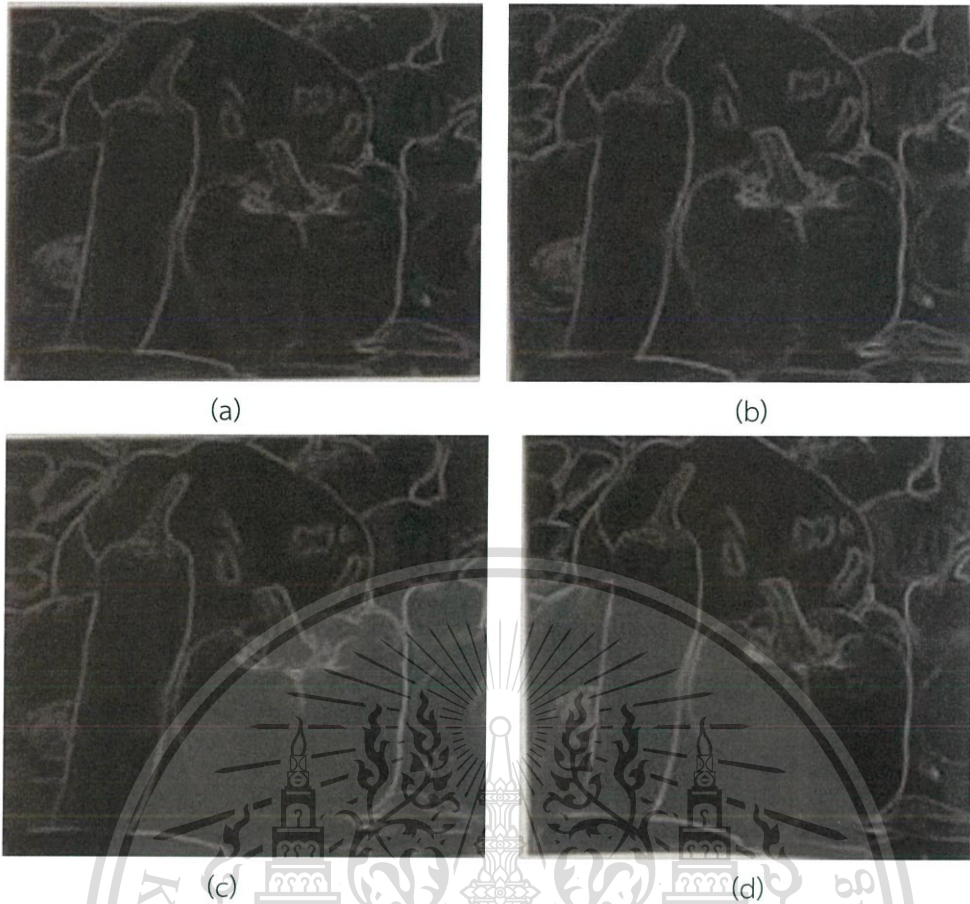
โดยที่

$$G_m(j, k) = F(j, k) * H_m(j, k) \quad (2.41)$$

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.



รูป 2.45 ภาพขอบของพริกที่ได้จากการหาแกรเดียน แบบใช้ขอบชนิดต่างๆ (a) Prewitt; (b) Kirsch; (c) Robinson Three-level; (d) Robinson Five-level

### 2.9.5 การเน้นขอบภาพด้วย Gabor filter

Gabor filter ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านการเน้นขอบภาพ Gabor filter มีลักษณะเป็น Directional filter ทำให้สามารถนำไปใช้เน้นขอบภาพที่มีทิศทางไม่แน่นอน ลักษณะของฟังก์ชัน Gabor คือฟังก์ชันเกาส์เซียนที่มอดูเลทกับฟังก์ชันไซน์นอยด์

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x} + \frac{y^2}{\sigma_y}\right)\right) * \sin(2\pi f_x x) \quad (2.42)$$

โดยที่  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  คือความแปรปรวนของฟังก์ชันเกาส์เซียนในทิศ x และ y ตามลำดับ

$f_x$  คือ ความถี่ของไซน์นอยด์ในทิศ x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

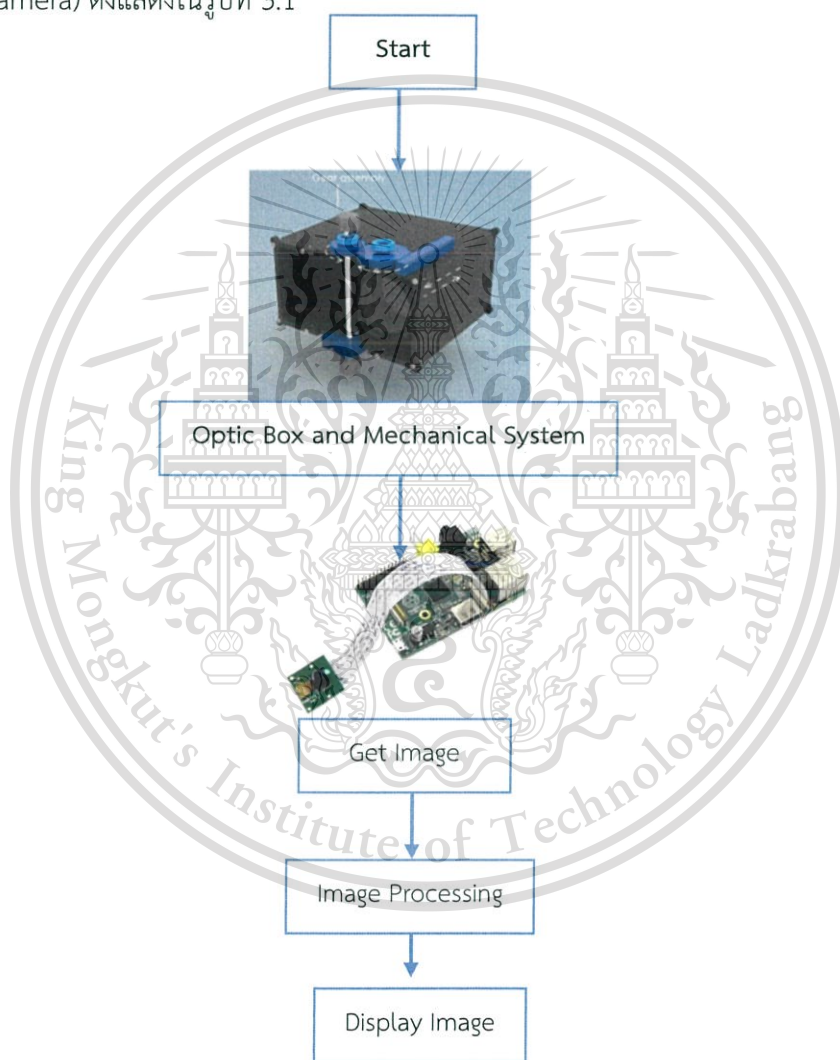
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัยขั้นตอนการดำเนินงานแผนการดำเนินงาน

#### 3.1 การทำงาน

การทำงานของออปติคัลโมสโคปแบบพกพาเพื่อคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นตา ทำงานได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ ราชเบอร์รี่พาย(Raspberry pi) ที่ประกอบกับกล้องของราชเบอร์รี่พาย (Pi Camera) ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของออปติคัลโมสโคปแบบพกพา

จากรูปเมื่อเริ่มการทำงานเราจะได้ภาพจอประสาทตาผ่านกระจกและเลนส์ 20D ที่บรรจุ  
 อยู่ภายในกล่องออปติก(Optic Box)ในตำแหน่งที่เหมาะสม และมีระบบกลไกในการขับเคลื่อนกล่อง

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.

ออปติก(Optic Box)เพื่อปรับความยาวโฟกัสของเลนส์เนื่องจากในสายตาคอนปกติและคนที่มีสายตาคผิดปกติมีค่าความยาวโฟกัสแตกต่างกัน หลังจากนั้นเราจะรับภาพจอประสาทตาเข้ามาผ่านกล้องของราชเบอร์รี่พาย(Pi Camera) เพื่อให้ราชเบอร์รี่พาย(Raspberry pi)ทำหน้าที่ประมวลผลภาพได้แก่ การปรับความสว่างของภาพ(Brightness), ความคมชัดของภาพ(Contrast), ความอิ่มของภาพ(Saturation), การหาค่าระดับกัน(Threshold) และการหาขอบของภาพ(Edge Detection) สำหรับการคัดแยกภาพจอประสาทตาคปกติ กับภาพจอประสาทตาของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานขึ้นตาซึ่งจะช่วยให้จักษุแพทย์เห็นรอยของโรคชัดเจนขึ้น เพื่อความสะดวกสบายและลดเวลาในการคัดกรองผู้ป่วย

### 3.2 การออกแบบ

การออกแบบออปติคัลโมสโคปแบบพกพา แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์: ระบบและการทำงานของกล่องออปติก (Optic Box), กลไกการขับเคลื่อนกล่องออปติก (Optic Box), ส่วนที่เป็นปลอกหุ้มของอุปกรณ์ (Case) และส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. การออกแบบด้านซอฟต์แวร์: ระบบการรับภาพและการประมวลผลภาพ

#### 3.2.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

##### 3.2.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1. 20D เลนส์ออปติคัลโมสโคป



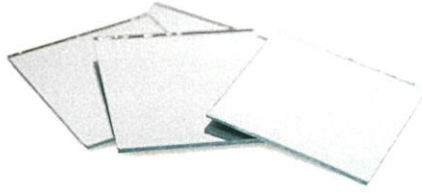
รูปที่ 3.2 แสดง 20D เลนส์ออปติคัลโมสโคป

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. กระดาษเงาขนาด 50x50x3 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.3 แสดงกระดาษเงา

3. ราชเบอร์รี่พายสามโมดูลบี (Raspberry pi 3 module B)



รูปที่ 3.4 แสดงราชเบอร์รี่พายสามโมดูลบี

4. กล้องราชเบอร์รี่พาย (Raspberry pi Camera)



รูปที่ 3.5 แสดงกล้องราชเบอร์รี่พาย

5. เลนส์กล้อง



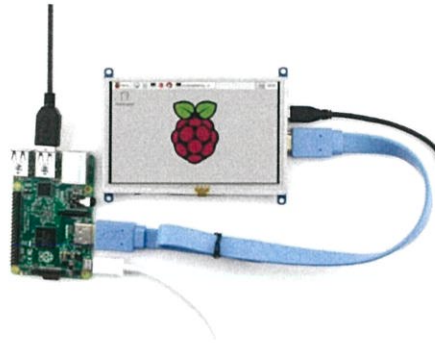
รูปที่ 3.6 แสดงเลนส์กล้อง

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.

6. หน้าจอสัมผัสขนาด 5 นิ้วสำหรับราชเบอร์รี่พาย(raspberry pi) ยี่ห้อ WaveShare



รูปที่ 3.7 แสดงหน้าจอสัมผัสขนาด 5 นิ้ว

7. Micro SD Card ขนาด 16 GB



รูปที่ 3.8 แสดง Micro SD Card

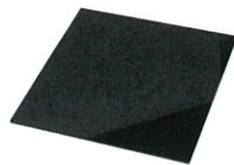
8. พาวเวอร์แบงค์ (Power Bank) ขนาด 80000 มิลลิแอมป์แรงดันเอาต์พุต 5 โวลต์แบบสองช่อง USB

รูปที่ 3.9 แสดงพาวเวอร์แบงค์

9. LED Luxeon กำลัง 3 วัตต์

รูปที่ 3.10 แสดง LED Luxeon

10. แผ่นอะคลิลิกสีดำความหนา 3 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.11 แสดงแผ่นอะคลิลิกสีดำ

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.

## 11. เส้นใยพลาสติกชนิด PLA และ ABS สีขาวสำหรับเครื่องพิมพ์สามมิติ



รูปที่ 3.12 แสดงเส้นใยพลาสติก

### 3.2.1.2 ระบบและการทำงานของกล่องออปติก(Optic Box)

กล่องออปติก(Optic Box)เป็นชิ้นส่วนที่ประกอบมาจากแผ่นอะคลิลิกที่ผ่านการเลเซอร์คัท(laser cut)มาแล้ว ภายในจะประกอบด้วยกระจก เลนส์ กล้องของราเซอร์รี่(Pi Camera) และเลนส์กล้องซึ่งวางอยู่บนฐานรองที่พิมพ์มาจากเครื่องพิมพ์สามมิติในตำแหน่งที่เหมาะสมกันพอดี ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงตำแหน่งการวางกระจก เลนส์ และกล้องภายในกล่องออปติก(Optic Box)

เราจะรับภาพจอประสาทตาของผู้ป่วยผ่านเลนส์ 20D หลังจากนั้นภาพจะสะท้อนไปยังกระจกบานที่อยู่ตรงข้ามเลนส์ และสะท้อนต่อไปยังกระจกอีกบานที่อยู่ตรงข้ามกัน หลังจากนั้นแสงจะตกกระทบเข้าสู่เลนส์กล้องและกล้องของราเซอร์รี่(Pi Camera) ซึ่งระยะห่างระหว่างเลนส์ 20D กับกล้องที่เหมาะสมคือ 270 มิลลิเมตรซึ่งเป็นระยะที่ทำให้ลดแสงสะท้อนและการเกิดจุดเงาบนภาพน้อยที่สุด โดยกล้องรับภาพต่อไปเพื่อเข้าสู่ระบบการประมวลผลภาพต่อไป

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.

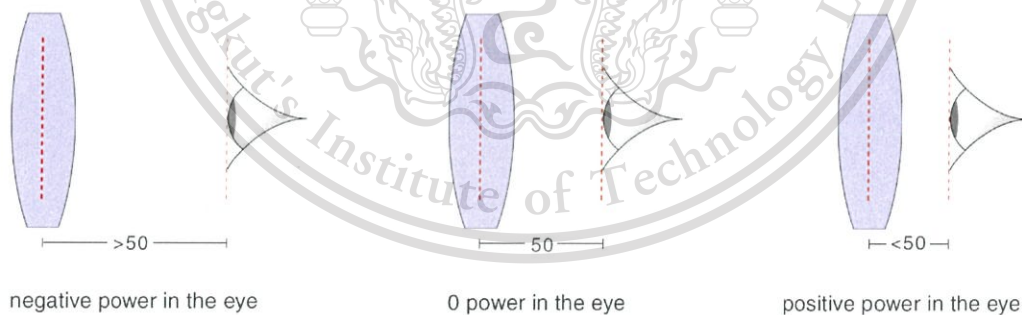
### 3.2.1.3 กลไกการขับเคลื่อนกล่องออปติก(Optic Box)

ในคนปกติความยาวโฟกัสระหว่างเลนส์กับดวงตาจะมีขนาด 50 มิลลิเมตรสำหรับการถ่ายภาพจอประสาทตา ทำให้เกิดปัญหาในการถ่ายภาพจอประสาทตากับคนที่มีสายผิดปกติซึ่งขึ้นกับค่าความคลาดเคลื่อนในการหักเหของแสง(Refractive Error) โดยคนที่มีสายตาผิดปกติในเชิงลบ(Negative refractive errors) ระยะโฟกัสจะเพิ่มขึ้นและคนที่มีสายตาผิดปกติในเชิงบวก(Positive refractive errors) ระยะโฟกัสจะลดลง ดังนั้นเราแก้ปัญหาได้โดยการทำให้กล่องออปติก(Optic Box) เคลื่อนที่ได้ เพื่อให้ปรับเปลี่ยนระยะโฟกัสให้เหมาะสมกับสายตาของผู้ป่วย กลไกการเคลื่อนที่ของกล่องออปติก(Optic Box) ประกอบด้วยเฟือง(Gear), ราง(Rack), ปุ่มหมุน(Rack), แท่งเหล็กทรงกระบอกความยาว 122 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงกลไกการขับเคลื่อนของกล่องออปติก(Optic Box)

Required distance between the eye and the 20D lens



รูปที่ 3.15 แสดงความยาวโฟกัสระหว่างเลนส์ 20D กับดวงตาของมนุษย์

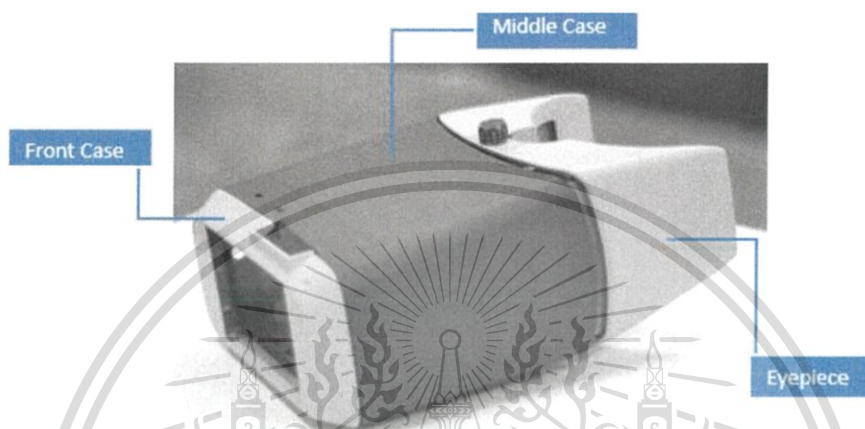
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

### 3.2.1.4 ส่วนที่เป็นปลอกหุ้มของอุปกรณ์(Case)

ส่วนที่เป็นปลอกหุ้มของอุปกรณ์แบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ส่วนหน้า(Front Case)เป็นบริเวณที่ยึดติดกับหน้าจอสัมผัสเพื่อทำการเชื่อมต่อกับจักษุแพทย์หรือผู้ใช้งาน, ส่วนกลาง(Middle case) คือส่วนที่เป็นที่อยู่ของกล่องออปติก(Optic Box) และเป็นตำแหน่งของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ ราวเบอร์รี่พาย(Raspberry pi) และแบตเตอรี่ และส่วนของเลนส์ใกล้ตา(Eyepiece)คือส่วนที่เชื่อมต่อกับผู้ป่วยโดยจะครอบใบหน้าของผู้ป่วยบริเวณตาและตำแหน่งตาของผู้ป่วยจะตรงกับตำแหน่งของเลนส์ ดังแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงส่วนที่เป็นปลอกหุ้ม(Case) ของออปติคัลโมสโคปแบบพกพา

ส่วนที่เป็นปลอกหุ้ม(Case) ของอุปกรณ์เป็นส่วนที่แสดงให้เห็นรูปลักษณ์ภายนอกของอุปกรณ์ ซึ่งต้องอยู่ในระดับทางการแพทย์(Medical Grade) สีของวัสดุที่ใช้จะเป็นสีที่มีความละเอียดอ่อนได้แก่ สีเทา สีเบจ และสีขาว สีฟ้าเป็นต้นซึ่งสีเหล่านี้มีผลให้ผู้ป่วยมีอาการสงบ และในบริเวณของเลนส์ใกล้ตา(Eyepiece) ซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับผิวหนังของผู้ป่วยมีการใช้ฟองน้ำที่อ่อนโยนต่อผิวหนังของผู้ป่วยดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงชิ้นส่วนของเลนส์ใกล้ตา(Eyepiece) ซึ่งต้องสัมผัสกับผิวหนังของผู้ป่วย

อุปกรณ์ต้องมีสมมาตรในแกนนอน เนื่องจากในการถ่ายภาพจอประสาทตานั้นทำให้ละข้าง ในขณะที่ถ่ายภาพจอประสาทตาข้างหนึ่ง บริเวณที่อยู่ใกล้ตาอีกข้างหนึ่งจะถูกปิด ดังนั้นการเปลี่ยนไป

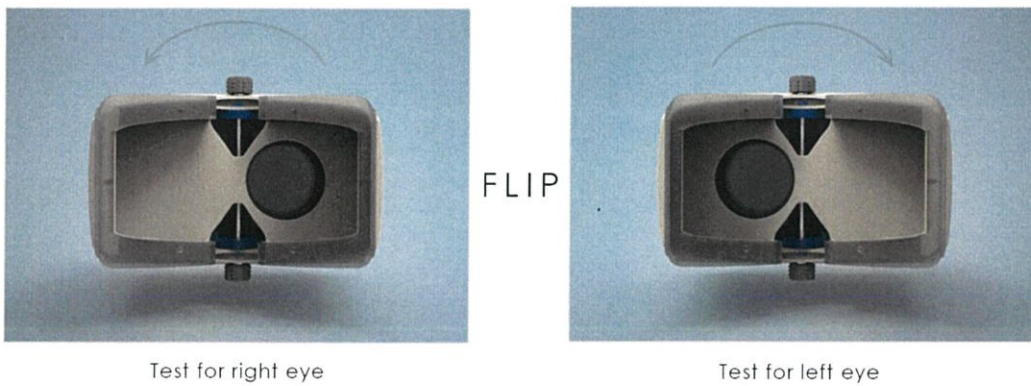
ตรวจตาอีกข้างต้องมีการพลิกกลับของอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

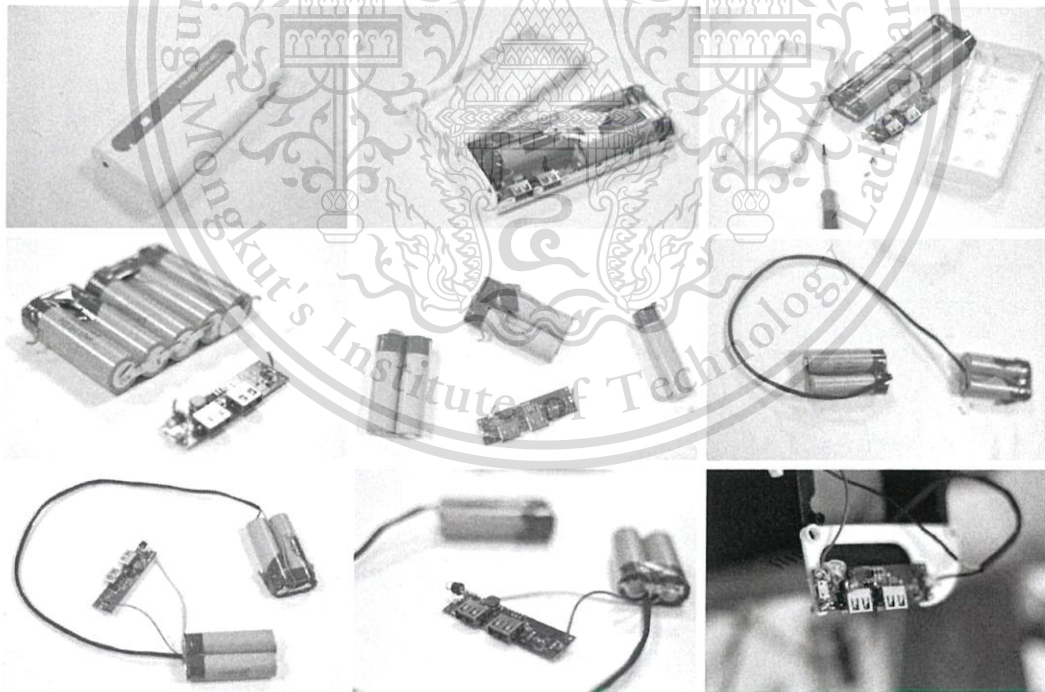
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.18 แสดงการพลิกกลับของอุปกรณ์

### 3.2.1.5 ส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ทำการแกะชิ้นส่วนของพาวเวอร์แบงค์ออกมาใช้เพียงแค่แบตเตอรี่จำนวนสี่ก้อน แบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 2 ก้อน กระจายอยู่บริเวณด้านข้างของปลอกหุ้มบริเวณส่วนกลางเพื่อทำการกระจายน้ำหนักให้สมดุลเนื่องจากการใช้งานอุปกรณ์ต้องอยู่ในระนาบที่ตั้งฉากกับผิวหน้าของผู้ใช้ และประกอบเข้ากับส่วน PCB ของพาวเวอร์แบงค์ในการเป็นแหล่งพลังงานให้กับราชเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) และหลอดไฟ LED ดังแสดงในรูปที่ 3.19



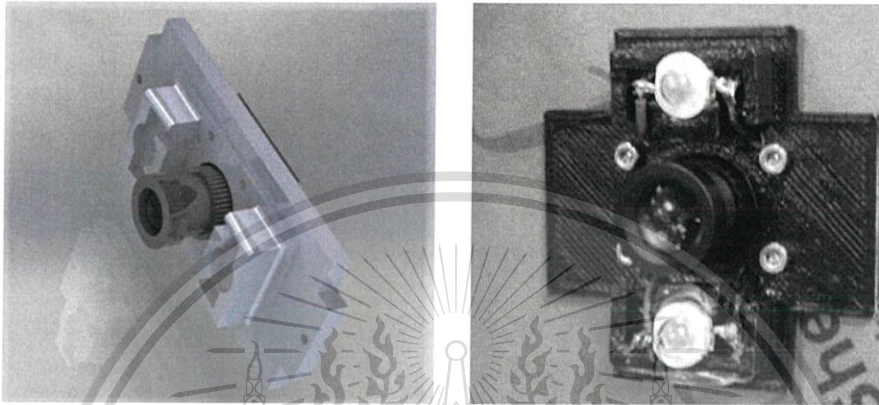
รูปที่ 3.19 แสดงการแกะและประกอบชิ้นส่วนของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

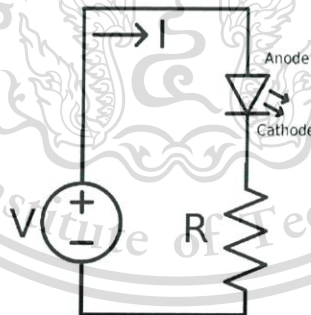
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภายในกล่องออปติก(Optic Box) เป็นกล่องปิดเนื่องจากป้องกันแสงสะท้อนที่เข้ามา รบกวนจากภายนอก ดังนั้นภายในกล่องออปติก(Optic Box)จึงต้องมีแหล่งกำเนิดแสง สำหรับส่องสว่างในขณะการถ่ายภาพอยู่ในบริเวณที่ใกล้กับกล้องของราซเบอร์รี่(Pi Camera) และเลนส์กล้อง ซึ่งพบว่าการใช้หลอดไฟ LED เพียงแค่ดวงเดียวก็ให้พลังงานและแสงสว่างเพียงพอต่อการใช้งานสำหรับถ่ายภาพเรตินา แต่เนื่องจากอุปกรณ์ต้องเป็นไปในลักษณะสมมาตรแกนนอน ดังนั้นจึงมีการติดตั้งหลอดไฟ LED สองดวงในทิศทางตรงข้ามกันเพื่อความสมมาตรในการใช้งานขณะที่มีการพลิกอุปกรณ์ เพื่อถ่ายภาพดวงตาอีกข้าง ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงตำแหน่งการวางหลอดไฟ LED

เนื่องจากเราต้องการให้อุปกรณ์มีขนาดเล็ก ดังนั้นแผ่น PCB และวงจรของหลอดไฟ LED จึงเป็นวงจรแบบง่าย เพื่อสะดวกต่อการใช้งานและประหยัดพื้นที่ ลักษณะของวงจร LED แสดงดังรูปที่ 3.21 ในที่นี้ใช้ LED Luxeon กำลัง 3 วัตต์ ตัวต้านทาน 270 โอห์มและใช้ไฟ 5 โวลต์จากขา GPIO ของราซเบอร์รี่พาย(Raspberry pi)



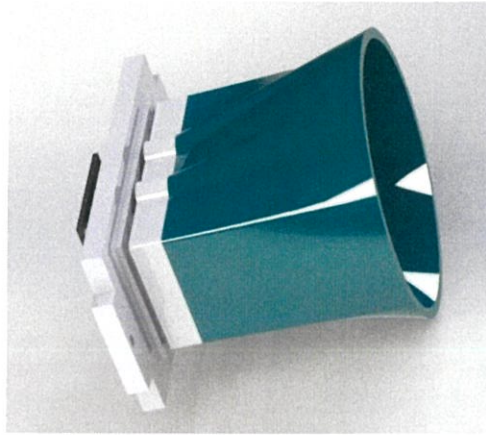
รูปที่ 3.21 แสดงวงจรการทำงานของหลอดไฟ LED เบื้องต้น

แสงที่ออกมาจากหลอด LED ต้องเป็นลำแสงตรงและต้องไม่มีการกระเจิงของลำแสง เพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนที่สุด ดังนั้นเราจึงใช้ที่ครอบกล้องของราซเบอร์รี่พาย (Pi Camera) และเลนส์กล้องเพื่อบังคับทิศทางของแสง และป้องกันไม่ให้แสงเกิดการกระเจิง ดังแสดงในรูปที่ 3.22

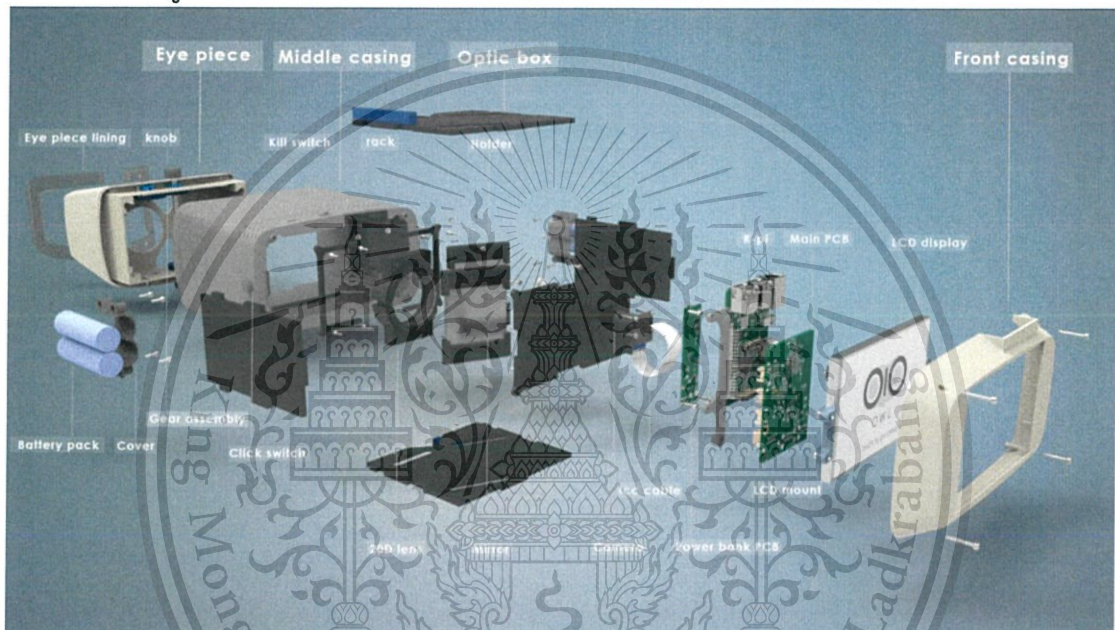
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 3.22 แสดงที่ส่วนที่ครอบกล่องของราชเบอร์รี่พายและเลนส์กล้อง



รูปที่ 3.23 แสดงส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์ทั้งหมด

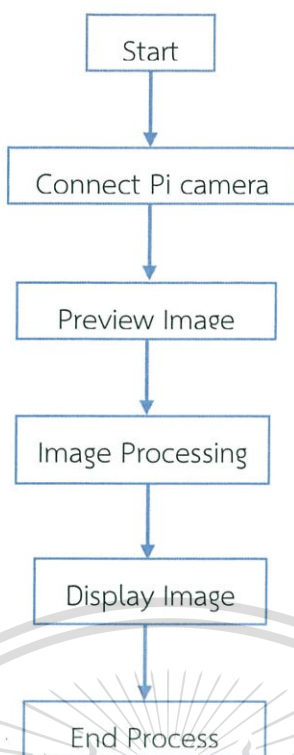
### 3.2.2 การออกแบบด้านซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ของออปทัลโมสโคปแบบพกพาถูกประมวลผลด้วยราชเบอร์รี่พาย(Raspberry pi) โดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพทอน (Python language) ซึ่งรับข้อมูลเข้ามาทางกล้องของราชเบอร์รี่พาย(Pi Camera) และแสดงผลออกทางหน้าจอสัมผัส ดังแสดงในรูปที่ 3.23

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 3.24 แสดงโฟลวชาร์ตโคดอะแกรมของการออกแบบซอฟต์แวร์

ในส่วนของซอฟต์แวร์นั้นการประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ทำหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพของภาพจอบประสาทตาให้ดีขึ้น และใช้เทคนิควิธีการต่างๆเพื่อการทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างภาพจอบประสาทตาในคนปกติกับภาพจอบประสาทตาของผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นตา เพื่อช่วยแบ่งเบาภาระในการคัดกรองผู้ป่วยของจักษุแพทย์ ซึ่งประกอบด้วยอัลกอริทึมต่างๆ ดังต่อไปนี้

#### 3.2.2.1 การปรับขนาดภาพ (Scaling)

ภาพที่เข้ามาอาจจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าเฟรม ดังนั้นจึงมีการปรับขนาดภาพโดยการ ใช้คำสั่ง `cv2.resize()` โดยการระบุขนาดความกว้าง (แกน X) และความยาว (แกน Y) ของภาพใหม่ให้ ได้ขนาดตามที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.25 แสดงการปรับขนาดภาพให้เล็กลง

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.

### 3.2.2.2 การหมุนภาพ (Rotation)

เนื่องจากการใช้งานอุปกรณ์มีการพลิกกลับอุปกรณ์เพื่อถ่ายภาพจอประสาทตาของดวงตาอีกข้างหนึ่งทำให้ภาพที่ได้มีลักษณะกลับหัว ดังนั้นการกลับภาพและการหมุนภาพจึงเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อให้ได้ภาพที่อยู่ในลักษณะเหมือนกันของตาทั้งสองข้าง การหมุนภาพทำได้โดยใช้คำสั่ง `cv2.getRotationMatrix2D()` ซึ่งจะระบุค่าหมุนเพื่อให้ภาพหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.26 แสดงการหมุนภาพ

### 3.2.2.3 การเปลี่ยนภาพสีให้อยู่ในระดับสีเทา (Grayscale)

เราเปลี่ยนภาพสีที่ประกอบด้วยสามระนาบสีได้แก่ แดง(R) เขียว(G) และน้ำเงิน(B) ให้เป็นภาพในระดับสีเทา(Gray Scale) เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ภาพ คำสั่งที่ใช้คือ `cv2.COLOR_BGR2GRAY` ดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.27 แสดงการเปลี่ยนภาพสีเป็นขาวดำ

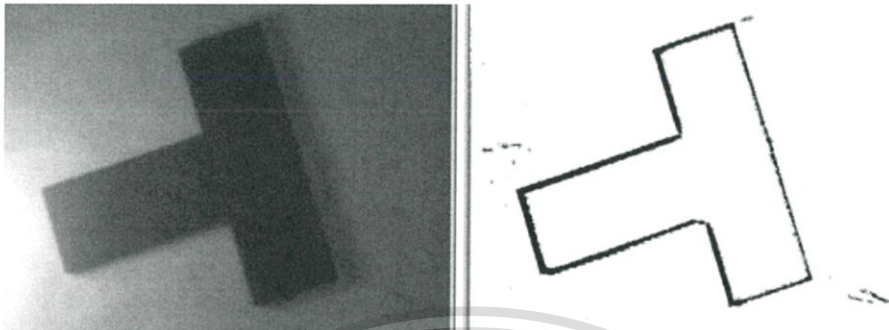
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

### 3.2.2.4 การปรับค่าระดับกันของภาพ (Thresholding)

การปรับค่าระดับกันของภาพเพื่อให้ได้ภาพของเส้นเลือดบริเวณจอประสาทตา และรอยของโรคชัดเจนมากขึ้นโดยการใช้คำสั่ง `cv2.adaptivethreshold` โดยภาพที่ได้จะเป็นรูปขาวดำที่เส้นเลือดและรายละเอียดจะเป็นสีดำส่วนพื้นหลังจะเป็นสีขาวดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.28 แสดงการปรับค่าระดับกันของภาพ

### 3.2.2.5 การหาขอบของภาพ (Edge Detection)

เราหาขอบของภาพเพื่อที่จะได้เห็นรอยของโรคได้ชัดเจนมากขึ้น โดยใช้คำสั่ง `cv2.canny` ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการที่จะช่วยจักษุแพทย์ในการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นตา ดังแสดงในรูปที่ 3.28



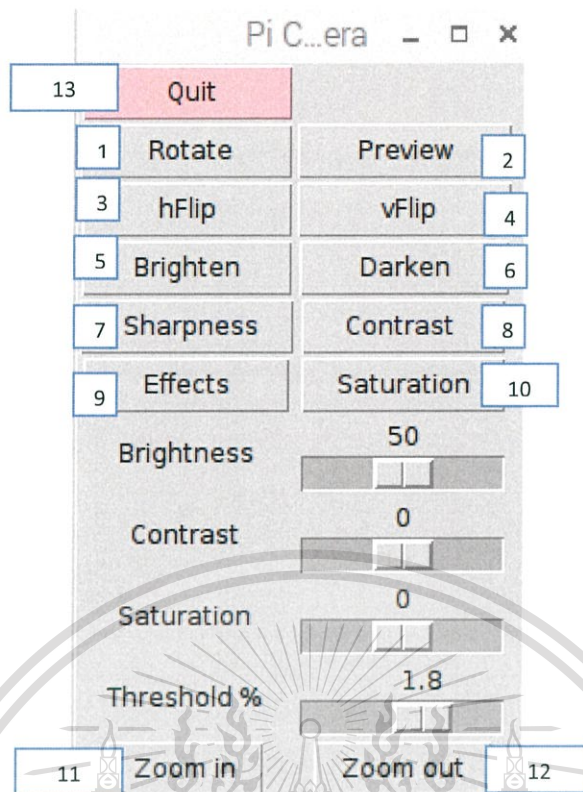
รูปที่ 3.29 แสดงการหาขอบของภาพ

เข้าสู่หน้าต่างโปรแกรมโดยใช้คำสั่ง `python gui_new.py` ในหน้าต่าง Terminal

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)

หมายเลข 1 Rotate: สำหรับการหมุนภาพไปทีละ 90 องศาในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

หมายเลข 2 Preview: สำหรับการเชื่อมต่อกับกล้องและแสดงภาพในขั้นต้น

หมายเลข 3 h-flip: สำหรับกลับภาพในแกนตั้ง

หมายเลข 4 v-flip: สำหรับการกลับภาพในแกนนอน

หมายเลข 5 Darkness: สำหรับปรับความเข้มของภาพ

หมายเลข 6 Brightness: สำหรับปรับความสว่างของภาพ

หมายเลข 7 Sharpness: สำหรับปรับความคมของภาพ

หมายเลข 8 Contrast: สำหรับปรับความคมชัดของภาพ

หมายเลข 9 Effect: สำหรับการแสดงอัลกอริทึมในรูปแบบต่างๆ

หมายเลข 10 Saturation: สำหรับปรับความอิ่มของภาพ

หมายเลข 11 Zoom in: สำหรับการซูมเข้า

หมายเลข 12 Zoom out: สำหรับการซูมออก

หมายเลข 13 Quit: สำหรับการออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น 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 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงการทดลองการตรวจจ็บรอยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในรอยโรคประเภท Microaneurysms, Exudate ซึ่งเป็นความผิดปกติที่ตรวจพบเป็นอันดับแรกในผู้ป่วยที่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยการใช้หลักการการประมวลผลภาพในการคัดกรองรอยของโรค

#### 4.2 ชุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้

ภาพที่ใช้ในการทดลองการตรวจจ็บรอยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา จะประกอบด้วยรอยโรคที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน ซึ่งจักษุแพทย์แบ่งภาพจอประสาทตาออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับความรุนแรงของรอยโรค ซึ่งมีรายละเอียดของชุดข้อมูลภาพดังนี้

1. ภาพถ่ายจอประสาทตาที่ปกติ
2. ภาพถ่ายจอประสาทตาของผู้ป่วยที่มีผลกระทบเพียงเล็กน้อย
3. ภาพถ่ายจอประสาทตาของผู้ป่วยที่มีผลกระทบค่อนข้างรุนแรง


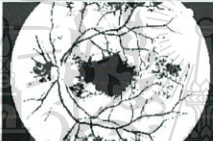




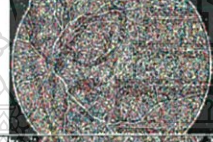


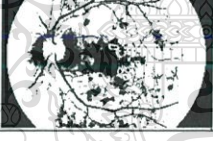


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

### 4.3 ผลการหาภาพเส้นเลือด

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการหาภาพเส้นเลือดและรอยของโรค

ภาพจอประสาทตา	Normal Image	Adaptive Thresholding	Laplacian	Canny Edge Detection
ปกติ				
มีผลกระทบเล็กน้อย				
มีผลกระทบรุนแรง				

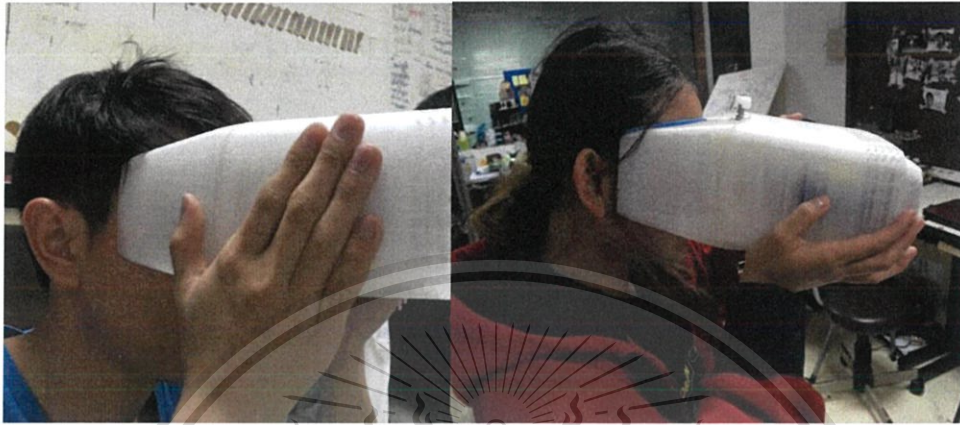
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

#### 4.4 การใช้งานจริง

ต่อไปนี้เป็นผลที่ได้จากการใช้งานจริงของออปัลโมสโคปแบบพกพาในการตรวจภาพจอประสาทตาของผู้ป่วย



รูปที่ 4.1 แสดงการใช้งานออปัลโมสโคปแบบพกพา



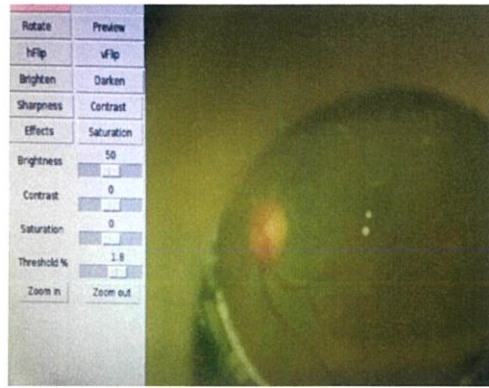
รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่าง Graphic User Interface(GUI) แบบ Touch Screen

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.

ภาพจอประสาทตาที่ได้จากออปัลโมสโคปแบบพกพามีลักษณะ ดังนี้



รูปที่ 4.3 แสดงภาพจอประสาทตาแบบปกติ



(a)

(b)

รูปที่ 4.4 แสดงภาพจอประสาทตาหลังจากมีการปรับความเข้มของแสง (a) ปรับให้มืดลง (b) ปรับให้สว่างขึ้น

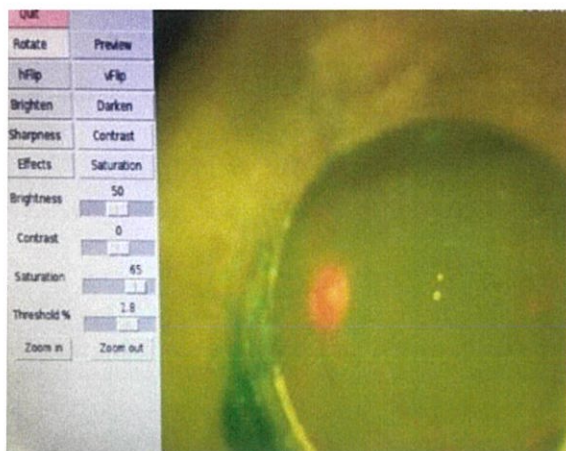


รูปที่ 4.5 แสดงการปรับความคมชัดของภาพ(Contrast) ให้สูงขึ้น

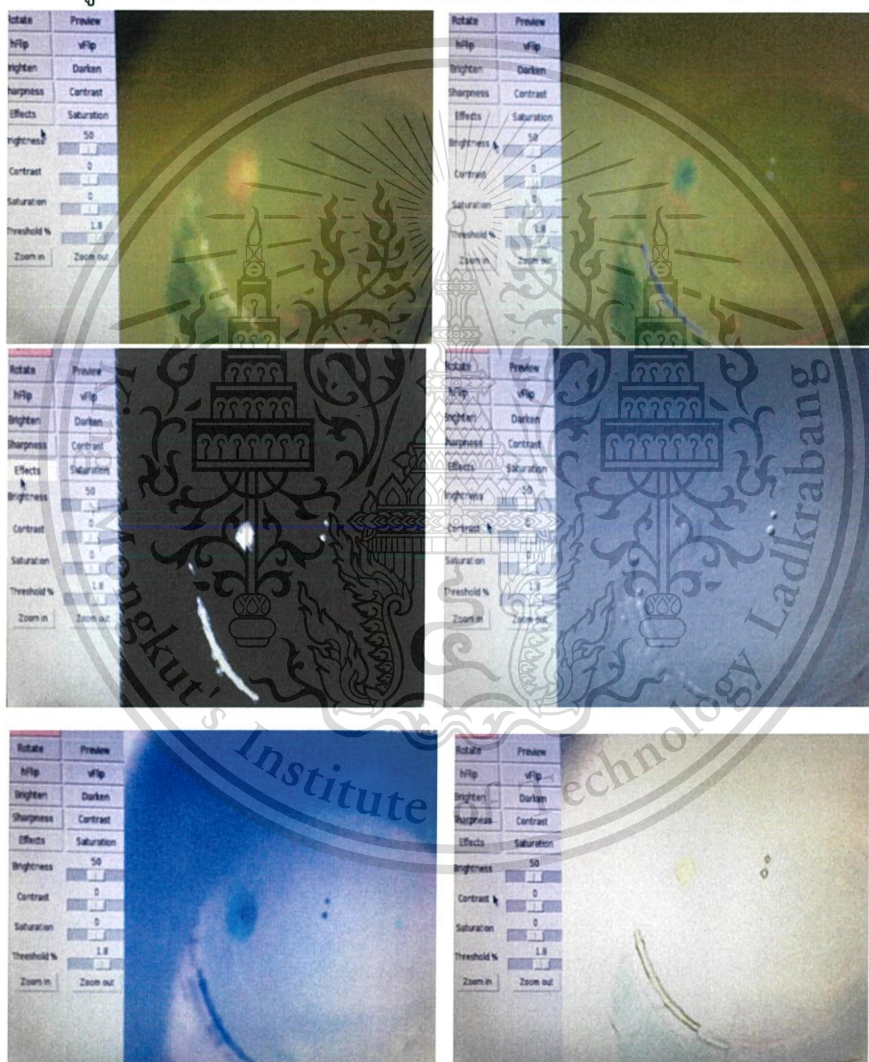
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.6 แสดงการปรับค่าความอิ่มของภาพ(Saturation) ให้มากขึ้น



รูปที่ 4.7 แสดงการใช้งานฟังก์ชัน Effect

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 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการสรุปงานวิจัยการคัดกรองโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาจากภาพถ่ายจอประสาทตาจากออปติคโมสโคปแบบพกพา สรุปผลคำตอบที่ได้จากการใช้การประมวลผลภาพตามการทดลอง ตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 5.1 สรุปการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ในการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยนำภาพที่ได้จากออปติคโมสโคปแบบพกพา (Portable Direct Ophthalmoscope) มาทำการวิเคราะห์และคัดกรองออกจากผู้ที่ไม่มีอาการเบาหวานขึ้นจอประสาทตา เพื่อประหยัดเวลาของแพทย์ผู้รักษาที่ต้องตรวจเช็คอาการของผู้ป่วยจำนวนมาก โดยระบบได้มีการพัฒนาวิธีการถ่ายภาพจอประสาทตา และวิธีการคัดแยกโรคทั้งชนิดที่มีผลกระทบเล็กน้อยและมีผลกระทบรุนแรง โดยการทำงานประกอบด้วยการการรับภาพจอประสาทตาผ่าน 20D เลนส์และกระจกภายในกล่องออปติก (Optic Box) จากนั้นรับภาพเข้ามาทางกล้องของราซเบอร์รี่ (Pi Camera) เพื่อที่จะเข้าสู่การประมวลผลภาพผ่านราซเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) โดยใช้ภาษาไพทอน (Python) เพื่อทำการปรับแต่งภาพให้มีความคมชัดและมีคุณภาพที่ดีขึ้น ให้เห็นรายละเอียดของเส้นเลือดในภาพจอประสาทตาและรอยของโรคชัดเจนขึ้น เพื่อการคัดแยกระหว่างภาพจอประสาทตาของคนปกติกับของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

#### 5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข

##### 5.2.1 ปัญหาและอุปสรรค

1. รายละเอียดของภาพมีความแตกต่างกันออกไป เช่น สีของดวงตาที่มีความแตกต่างกัน, ตำแหน่งของจอประสาทตาบนรูปถ่าย, การเกิดเงาบริเวณขอบภาพ และความคมชัดของภาพถ่าย
2. การคัดแยกโรคขนาดเล็กมีความคลาดเคลื่อน
3. อัลกอริทึมที่ใช้ไม่สามารถแยกแยะระหว่างสัญญาณรบกวนกับรายละเอียดของภาพได้
4. คุณภาพของภาพที่ได้มีความคมชัดต่ำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณภาพของ เลนส์ 20D กล้องของ

เอกสารนี้เป็นของราซเบอร์รี่พาย (Pi Camera) แลประเภทของเลนส์กล้องที่ใช้เท่านั้น 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.

5. สาย USB to Micro USB ที่เชื่อมต่อระหว่าง PCB ของพาวเวอร์แบงก์กับ Power ของราชเบอร์รี่พาย(Raspberry pi )และสาย HDMI to HDMI ที่เชื่อมต่อระหว่างราชเบอร์รี่พาย(Raspberry pi) กับหน้าจอสัมผัสมีขนาดใหญ่และยาวทำให้ไม่สามารถเก็บได้เพียงพอในปลอกหุ้มของอุปกรณ์ (Case)

6. ระบบกลไกการขับเคลื่อนกล่องออปติก (Optic Box) โดยใช้เฟือง (Gear) และราง (Rack) มีความผิดทำให้การขับเคลื่อนเป็นไปอย่างยากลำบาก

### 5.2.2 แนวทางการพัฒนาและแก้ปัญหา

1. ใช้เลนส์ 20D กล้องของราชเบอร์รี่พาย(Raspberry pi) และเลนส์กล้องที่มีคุณภาพสูงขึ้น
2. ใช้สาย USB และ HDMI ที่มีขนาดเล็กและสั้นลง
3. พัฒนาโปรแกรมประมวลผลภาพให้มีความชาญฉลาดมากขึ้น
4. ลดขนาดของอุปกรณ์ให้มีขนาดเล็กลงและพกพาง่ายขึ้น
5. พัฒนากลไกให้มีความต่อเนื่องและคล่องตัวมากขึ้น
6. พัฒนาในส่วนของ Graphic User Interface (GUI) ให้ใช้งานง่ายขึ้นและมีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลาย

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.

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. “สถานการณ์โรคเบาหวาน/ความดันโลหิตสูงและภาวะแทรกซ้อนในประเทศไทย” เอกสารดาวโหลด ข้อมูลโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง, พ.ศ. 2557
- [2] รศ.นพ.ดิเรก ผาติกุลศิลา. เบาหวานขึ้นตา[online] เข้าถึงได้จาก : <[http://www.med.cmu.ac.th/dept/eye/2012/index.php?option=com\\_content&view=article&id=57:2011-12-30-03-09-14&catid=17&Itemid=298](http://www.med.cmu.ac.th/dept/eye/2012/index.php?option=com_content&view=article&id=57:2011-12-30-03-09-14&catid=17&Itemid=298)>, พ.ศ. 2559
- [3] ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง สกาวรัตน์ คุณาวิศรุต ว. จักษุวิทยา.เบาหวานขึ้นตา เบาหวานกินตา[online] เข้าถึงได้จาก :< <http://haamor.com/th/เบาหวานขึ้นตา> >, พ.ศ. 2557
- [4] อ.พญ.โสมนัส อุดสุวรรณ ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล.ภาวะเบาหวานขึ้นจอตา (Diabetic Retinopathy) [online] เข้าถึงได้จาก: <<http://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/articledetail.asp?id=919>> ,พ.ศ. 2554
- [5] โรงพยาบาลราชวิถี. (Diabetic retinopathy screening) [online] เข้าถึงได้จาก : <[http://www.noblind.org/refer/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14%3A2011-10-16-16-28-06&Itemid=40&lang=th](http://www.noblind.org/refer/index.php?option=com_content&view=article&id=14%3A2011-10-16-16-28-06&Itemid=40&lang=th)>
- [6] J.Benadict Raja, C.G.Ravichandran. “Automatic localization of fovea in retinal images based on mathematical morphology and anatomic structures” International Journal of Engineering and Technology (IJET) (2011).
- [7] V.Vijaya Kumari. “Diabetic Retinopathy-Early Detection Using Image Processing Techniques” International Journal on Computer Science and Engineering Vol. 02, No. 02, 2010.
- [8] Neera Singh,Ramesh Chandra Tripathi . “Automated Early Detection of Diabetic Retinopathy Using Image Analysis Techniques” International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 8– No.2, October 2010.
- [9] Aliaa Abdel-Haleim Abdel-Razik Youssif, Atef Zaki Ghalwash, and Amr Ahmed Sabry Abdel-Rahman Ghoneim. “Optic Disc Detection From Normalized Digital Fundus Images by Means of a Vessels’ Direction Matched Filter”. Volume. 27, NO. 1, JANUARY 2008.

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] NATIONAL INSTRUMENT. gaussian filter [online] เข้าถึงได้จาก : <https://forums.ni.com/t5/Machine-Vision/gaussian-filter/td-p/2441104> , 05-29-2013
- [11] George T. Timberlake, Ph.D. and Michael Kennedy, M.D. “The Direct Ophthalmoscope” University of Kansas, 2005.
- [12] C. Sinthanayothin, J.F. Boyce, T.H. Williamson, H.L. Cook, E. Mensah, S. Lal and D. Usher. “Automated Detection of Diabetic Retinopathy on digital fundus images” Image Processing Group. Department of Physics, King’s College London and Department of Ophthalmology, St Thomas’ Hospital, London, UK, 10 May 2001.
- [13] โชติพงษ์ ชิวเลิศวิบูลย์ และคณะ. “ซอฟต์แวร์วิเคราะห์เส้นเลือดภายในลูกตาเพื่อวินิจฉัยโรค” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2555
- [14] ณัฐปภณ ศาสตรานุรักษ์ และคณะ. “ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์เบาหวานขึ้นจอตาโดยใช้หลักการประมวลผลด้วยภาพ” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2556
- [15] Caroline MacEwen. "diabetic retinopathy". Retrieved August 2, 2011.
- [16] Abdish R Bhavsar, MD; Chief Editor: Romesh Khardori.( Diabetic Retinopathy) [online] เข้าถึงได้จาก : <http://emedicine.medscape.com/article/1225122-overview>
- [17] thaieasyelec .(บทความการพัฒนาโปรแกรมบน Raspberry Pi ด้วย Qt), [online] เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/ qt.html>
- [18] Volk Optical Inc. (The Finest Ophthalmic Imaging), [online] เข้าถึงได้จาก : <https://volk.com/media/wysiwyg/pdf/brochures/Volk-Product-Catalog.pdf>
- [19] รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์. 2552. “การประมวลผลภาพดิจิทัลด้วย Matlab” สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. พิมพ์ครั้งที่ 2 , กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มีน เซอวิส ซัพพลาย.

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.

# ภาคผนวก

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.



# ภาคผนวก ก.

การติดตั้งระบบปฏิบัติการของบอร์ด Raspberry Pi ลงใน SD CARD และ  
เริ่มต้นการต่อใช้งานบอร์ด Raspberry Pi Model B+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

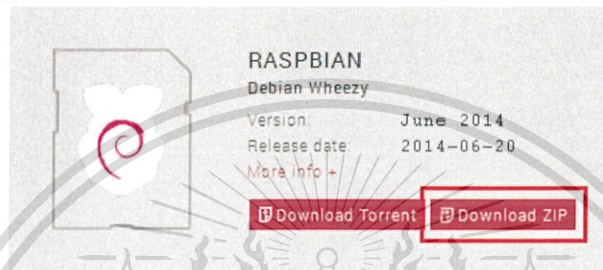
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

## ขั้นตอนการติดตั้งระบบปฏิบัติการของบอร์ด Raspberry Pi ลงใน SD CARD

เป็นที่ทราบกันว่าบอร์ด Raspberry Pi นั้นไม่มีหน่วยความจำประเภท Flash Memory อยู่บนบอร์ดทำให้ต้องเก็บระบบปฏิบัติการต่างๆ ไว้ใน MICRO SD CARD ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีอย่างหนึ่ง คือการเปลี่ยนระบบระบบปฏิบัติการต่างๆ ทำได้ง่าย เพียงแค่ถอด MICRO SD CARD แล้วเปลี่ยนอันใหม่เข้าไปเท่านั้น ซึ่งการติดตั้งระบบปฏิบัติการลงใน MICRO SD CARD มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการดาวน์โหลดไฟล์อิมเมจของระบบปฏิบัติการ <http://www.raspberrypi.org/downloads> แนะนำให้โหลดตัว Raspberry “wheezy” ในที่นี้จะเลือกดาวน์โหลดเป็นไฟล์ .zip ซึ่งตัวเลขจะแตกต่างกันตามแต่ละเวอร์ชัน



รูปที่ ก.1 ไฟล์ตัว Raspberry “wheezy” ไฟล์ .zip

2. เมื่อดาวน์โหลดเสร็จเรียบร้อยให้ทำการแตกไฟล์ จะได้อิมเมจไฟล์ \*.img



รูปที่ ก.2 ไฟล์ตัว Raspberry “wheezy” ไฟล์ \*.img

3. ดาวน์โหลดโปรแกรม Win32DiskImager จาก <http://sourceforge.net/projects/win32diskimager/> เพื่อใช้เขียนอิมเมจไฟล์ลงใน MICRO SD CARD



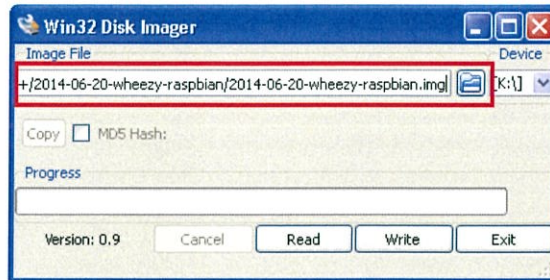
รูปที่ ก.3 โปรแกรม Win32DiskImager

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.

4. นำ MICRO SD CARD (แนะนำให้ใช้ขนาด 4GB ขึ้นไป) ที่จะลงระบบปฏิบัติการไปเสียบที่ตัว CARD READER จากนั้นให้เปิดโปรแกรม Win32DiskImager คลิกที่ไอคอนโฟลเดอร์เลือกไปที่อิมเมจไฟล์ที่ดาวน์โหลดมา



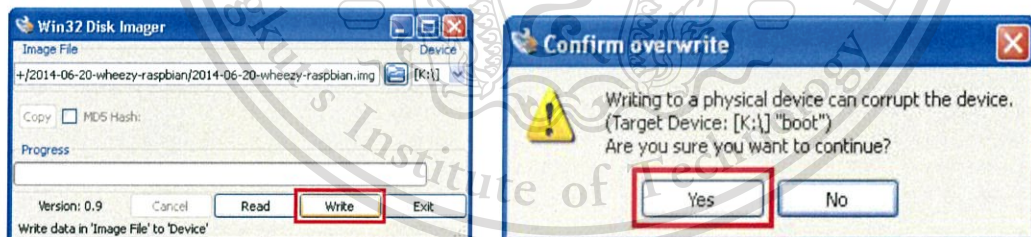
รูปที่ ก.4 เมื่อเปิดโปรแกรม Win32DiskImager คลิกที่ไอคอนโฟลเดอร์

5. เลือก Drive ที่ได้เสียบ MICRO SD CARD ไว้ซึ่งโดยปกติโปรแกรมจะตรวจสอบอัตโนมัติอยู่แล้ว



รูปที่ ก.5 เลือก Drive ที่ได้เสียบ MICRO SD CARD

6. คลิกที่ปุ่ม Write เพื่อเริ่มการเขียนอิมเมจไฟล์เข้าสู่ MICRO SD CARD ซึ่งโปรแกรมจะถามยืนยันการเขียน ให้คลิก Yes



รูปที่ ก.6 คลิกที่ปุ่ม Write เพื่อเริ่มการเขียนอิมเมจ

7. รอจนโปรแกรมเขียนอิมเมจไฟล์จนเสร็จเรียบร้อย

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.

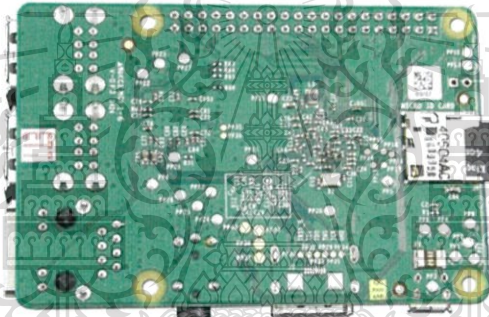


รูปที่ ก.7 โปรแกรมเขียนอิมเมจไฟล์จนเสร็จเรียบร้อย

### เริ่มต้นการใช้งานบอร์ด Raspberry Pi Model B+

หลังจากที่ได้ทำการลงระบบปฏิบัติการของบอร์ด Raspberry Pi Model B+ ลงบน MICRO SD CARD แล้ว ต่อไปก็เป็นการใช้งานบอร์ด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำ MICRO SD CARD ที่ลงระบบปฏิบัติการเรียบร้อยแล้ว เสียบช่อง MICRO SD CARD ของบอร์ด Raspberry Pi



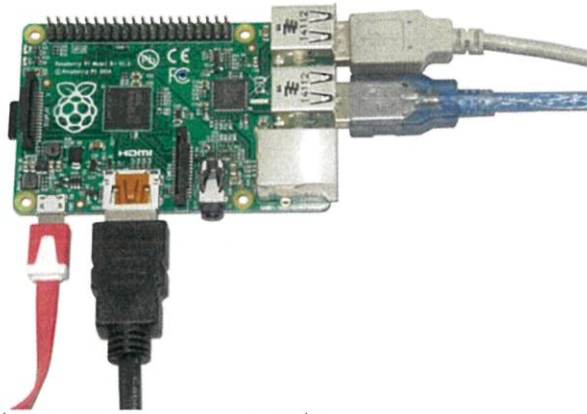
รูปที่ ก.8 เมื่อเสียบ MICRO SD CARD ลงบนบอร์ด Raspberry Pi

2. ทำการเชื่อมต่อคีย์บอร์ดและเมาส์เข้ากับช่อง USB 2.0 ต่อสาย HDMI เข้าจอภาพ ในกรณีที่จอภาพไม่มีขั้ว HDMI อาจต่อสัญญาณภาพผ่านทางขั้วแจ๊ค 3.5 mm แต่คุณภาพของภาพจะด้อยลงไปด้วย จากนั้นเปิดจอภาพ และจ่ายไฟเลี้ยงเข้าบอร์ด Raspberry Pi Model B+ ผ่านทางขั้ว Micro USB

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.



รูปที่ ก.9 เมื่อเชื่อมต่อคีย์บอร์ดและเมาส์เข้าที่ช่อง USB 2.0 ต่อสาย HDMI เข้าจอภาพ

3. จากนั้นจะแสดงข้อความการบูตระบบของบอร์ด Raspberry Pi



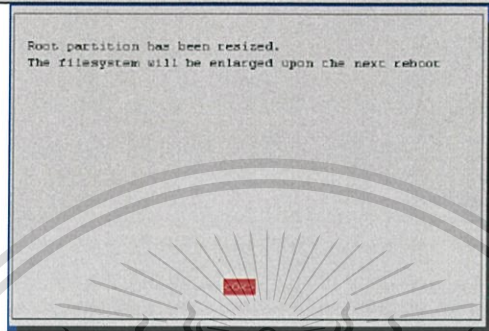
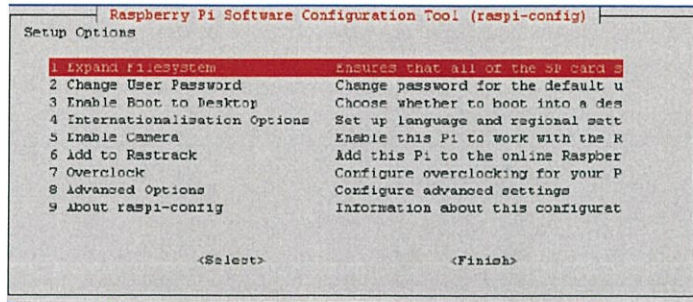
รูปที่ ก.9 การบูตระบบของบอร์ด Raspberry Pi

4. หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Raspberry Pi Software Configuration Tool ให้เลือกที่ Expand Filesystem และกดปุ่ม Enter ที่คีย์บอร์ด เพื่อขยายพื้นที่ MICRO SD CARD ให้ใช้งานได้เต็มความจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

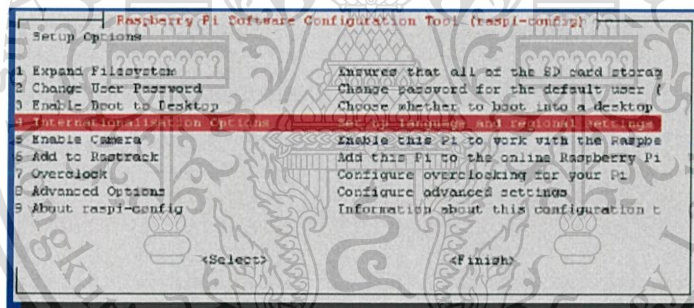
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



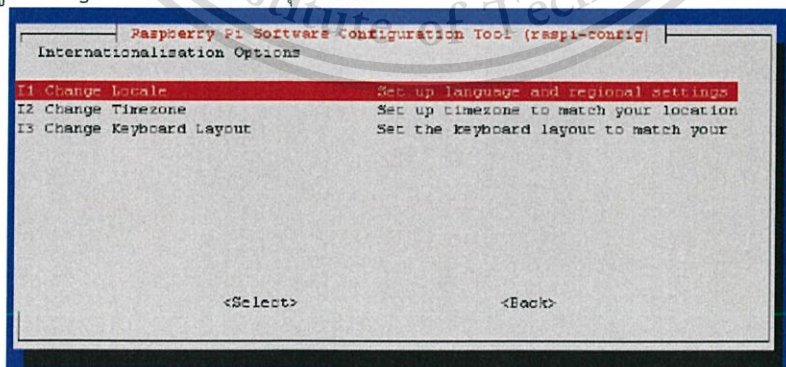
รูปที่ ก.10 หน้าต่าง Raspberry Pi Software Configuration Tool

5. จากนั้นให้เลือกที่เมนู Internationalisation Options โดยการกดปุ่มลูกศร มาที่เมนูนี้จากนั้นกดปุ่ม Enter



รูปที่ ก.11 เมนู Internationalisation Options

6. เลือกที่เมนู Change Locale และกดปุ่ม Enter



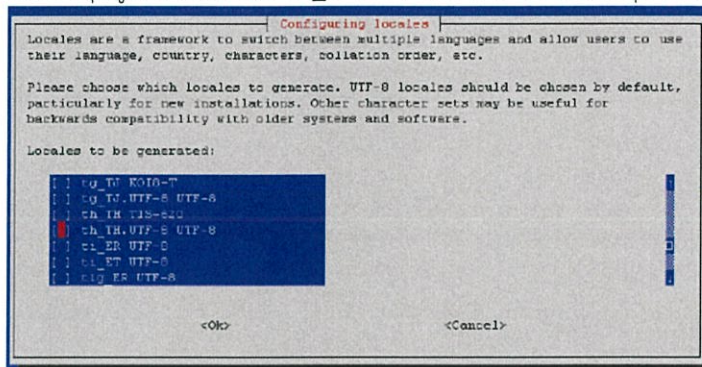
รูปที่ ก.12 เมนู Change Locale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

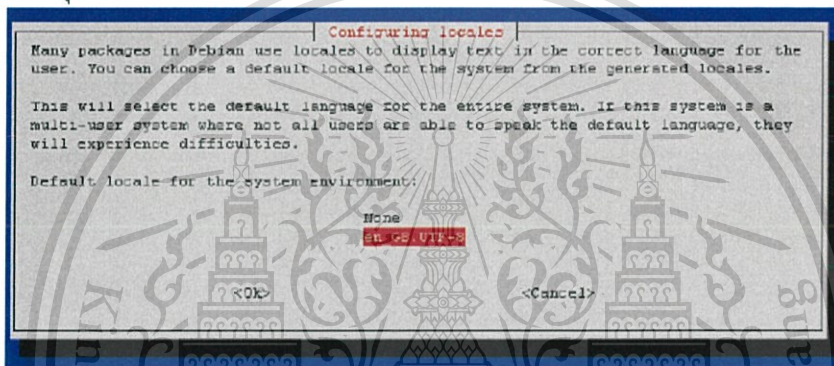
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7. เลื่อนแถบสีแดงโดยใช้ปุ่มลูกศร มาเลือกที่ th\_TH.UTF-8 UTF8 จากนั้นกดปุ่ม Enter



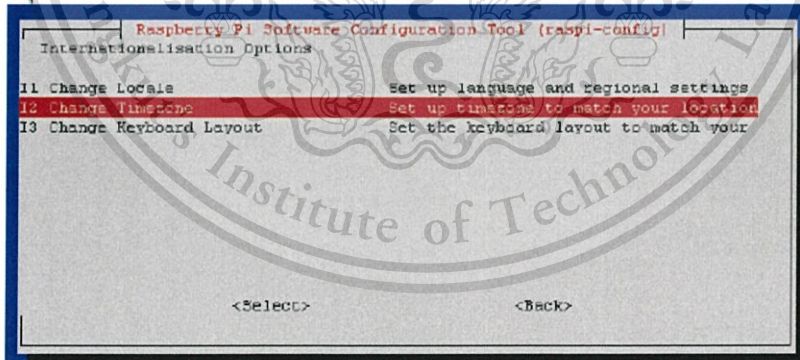
รูปที่ ก.13 เลือกที่ th\_TH.UTF-8 UTF8

8. จากนั้นให้กดปุ่ม Enter อีกครั้ง



รูปที่ ก.14 กดปุ่ม Enter อีกครั้ง

9. ให้ทำการเลือกเมนู Internationalisation Options อีกครั้ง และเลือกที่เมนู Change Timezone ดังรูป จากนั้นกดปุ่ม Enter



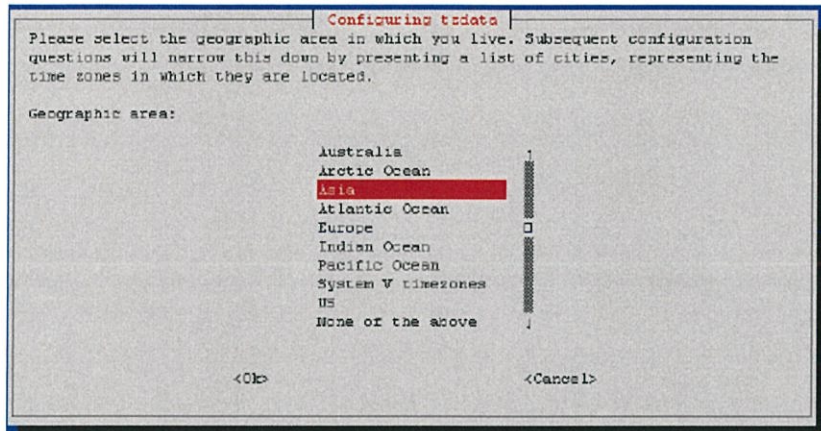
รูปที่ ก.15 เลือกเมนู Internationalisation Options อีกครั้ง และเลือกที่เมนู Change Timezone

10. เลื่อนแถบสีแดงมาที่ Asia โดยใช้ปุ่มลูกศร จากนั้นกดปุ่ม Enter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

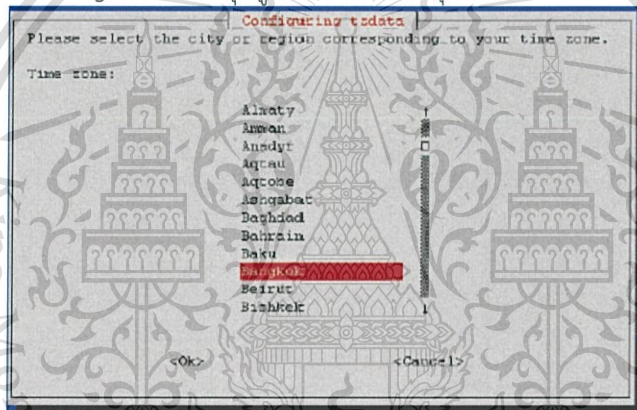
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



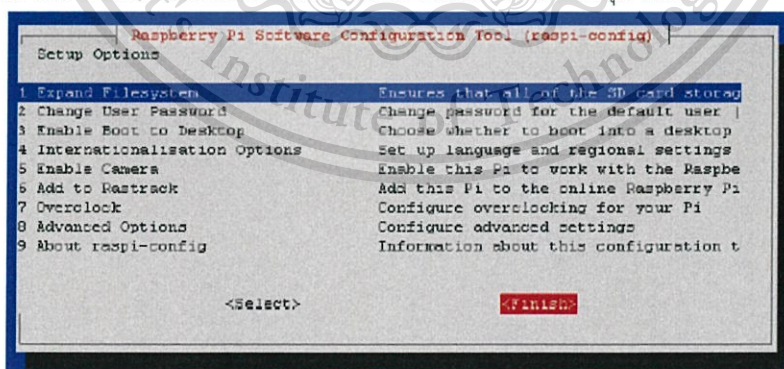
รูปที่ ก.16 เลือก Asia โดยใช้ปุ่มลูกศร จากนั้นกดปุ่ม Enter

11. เลื่อนแถบสีแดงมาที่ Bangkok โดยใช้ปุ่มลูกศร จากนั้นกดปุ่ม Enter



รูปที่ ก.17 เลื่อนแถบสีแดงมาที่ Bangkok กดปุ่ม Enter

12. กดปุ่ม Tab บนคีย์บอร์ดเพื่อเลื่อนแถบสีแดงมาที่ Finish จากนั้นกดปุ่ม Enter



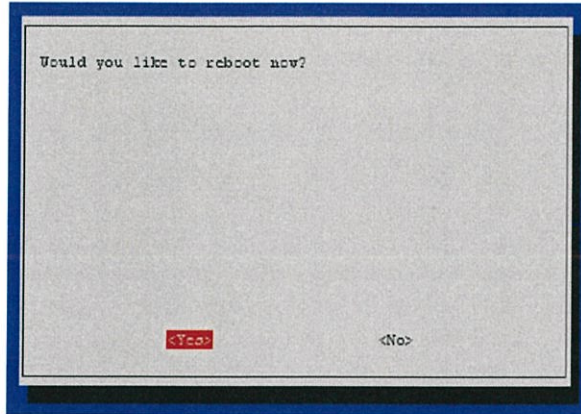
รูปที่ ก.18 เลื่อนแถบสีแดงมาที่ Finish แล้วกดปุ่ม Enter

13. จากนั้นจะมีหน้าต่างถามว่าต้องการรีบูตหรือไม่ ให้เลือก Yes และกดปุ่ม Enter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

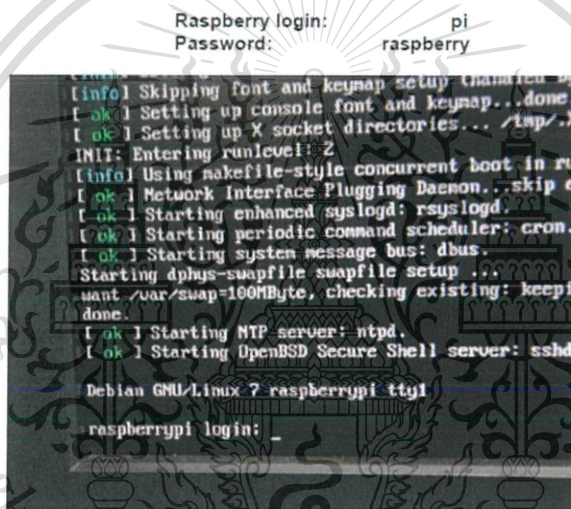
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ ก.19 กด Yes และกดปุ่ม Enter

14. จากนั้นบอร์ดจะทำการรีบูตระบบใหม่และให้ใส่ลือกอิน raspberry login ให้ใส่ pi กดปุ่ม Enter และใส่ Password เป็น raspberry กดปุ่ม Enter



รูปที่ ก.20 ทำการลือกอิน raspberrypi login

15. ถ้าการลือกอินถูกต้องก็จะปรากฏข้อความ

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.

```
INIT: Entering runlevel: 2
[info] Using makefile-style concurrent boot in runlevel 2.
[ ok ] Network Interface Flushing Daemon...skip ethtool...done.
[ ok ] Starting enhanced syslogd: rsyslogd.
[ ok ] Starting periodic command scheduler: cron.
[ ok ] Starting system message bus: dbus.
Starting dhcpcd-swapfile swapfile setup ...
want /var/swap=100MByte, checking existing: keeping it
done.
[ ok ] Starting NTP server: ntpd.
[ ok ] Starting OpenSSH Secure Shell server: sshd.

Debian GNU/Linux 7 raspberrypi tty1

raspberrypi login: pi
Password:
Linux raspberrypi 3.6.11+ #174 PREEMPT Thu Jun 13 17:14:42 BST 2014

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free so
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
pi@raspberrypi ~$
```

รูปที่ ก.21 เมื่อลือคอินถูกต้อง จอภาพจะเป็นแบบนี้

หมายเหตุ ปกติ Raspberry Pi Software Configuration Tool จะขึ้นมาครั้งแรกหลังจากเอา SD CARD ที่ลงระบบปฏิบัติการเสร็จที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน มาใส่เข้าบอร์ดครั้งแรกเท่านั้น ในกรณีที่ต้องการตั้งค่าต่างๆ อีกครั้ง ก็สามารถกลับไปตั้งค่าใหม่ได้ อีกรอบ โดยใช้คำสั่ง sudo raspi-config

16. จากที่ผ่านมาเราสามารถเข้าระบบโหมด Command Line ได้แล้ว ถ้าต้องการใช้งานในโหมด X Window ก็สามารถทำได้โดยพิมพ์คำสั่ง startx และกดปุ่ม Enter ซึ่งจะเข้าไปโหมด X Window

```
INIT: Entering runlevel: 2
[info] Using makefile-style concurrent boot in runlevel 2.
[ ok ] Network Interface Flushing Daemon...skip ethtool...done.
[ ok ] Starting enhanced syslogd: rsyslogd.
[ ok ] Starting periodic command scheduler: cron.
[ ok ] Starting system message bus: dbus.
Starting dhcpcd-swapfile swapfile setup ...
want /var/swap=100MByte, checking existing: keeping it
done.
[ ok ] Starting NTP server: ntpd.
[ ok ] Starting OpenSSH Secure Shell server: sshd.

Debian GNU/Linux 7 raspberrypi tty1

raspberrypi login: pi
Password:
Linux raspberrypi 3.6.11+ #174 PREEMPT Thu Jun 13 17:14:42 BST 2014

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free so
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

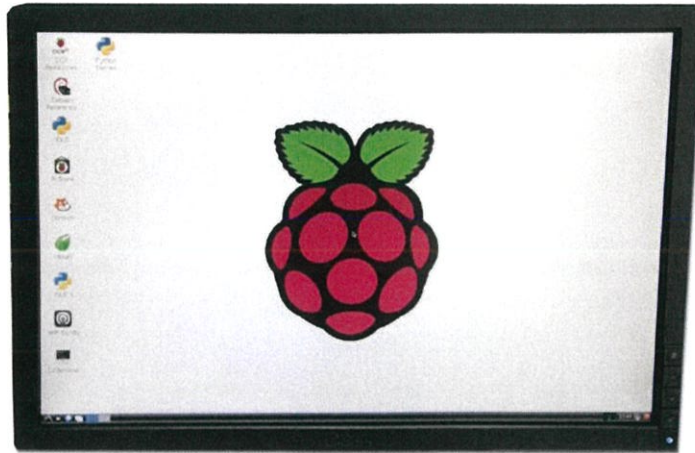
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
pi@raspberrypi ~$ startx
```

รูปที่ ก.22 ถ้าต้องการใช้งานในโหมด X Window ก็พิมพ์คำสั่ง startx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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.



รูปที่ ก.23 หน้าจอพร้อมใช้งานในโหมด X Window

17. การปิดบอร์ด Raspberry Pi ที่ถูกวิธีแนะนำให้ใช้คำสั่ง `sudo halt` และกดปุ่ม Enter รอจน LED แสดงสถานะต่างๆ ดับหมดเหลือเพียง PWR จากนั้นจึงค่อยหยุดจ่ายไฟเลี้ยงเข้าบอร์ด การใช้คำสั่งนี้สามารถใช้ได้ในโหมด Command Line หรือ Desktop (ใช้โปรแกรม LXTerminal)



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.



## ภาคผนวก ข.

Data Sheet ของ 20D Lens

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.

# Classic Indirect BIO Lenses

In 1956, aspheric ophthalmic lenses for subnormal vision were developed by Dr. David Volk. He found that an aspheric surface corrected the aberrations present in more common spherical lenses.

Several developments occurred with the aspheric lens designs through the years, delivering far superior imaging for BIO examinations. In 1982 all Volk lenses for indirect ophthalmoscopy were redesigned with both surfaces aspheric, providing a substantial improvement in image quality.

The 20D and other Volk BIO lenses have been known as the industry standard for decades, and are still widely used in every corner of the world today.

Classic BIO Lenses	Field of View	Image Mag.	Laser Spot Mag. Factor	Working Distance	Primary Application
Macula Plus® 5.5	36° / 43°	5.50x	.18x	80mm	Ultra-high resolution viewing of posterior pole
14D Large	36° / 47°	4.30x	.23x	75mm	High magnification viewing of posterior pole
15D Large	36° / 47°	4.11x	.24x	72mm	High magnification viewing of posterior pole
20D Large	46° / 60°	3.13x	.32x	50mm	General diagnosis & treatment
Pan Retinal® 2.2	56° / 73°	2.68x	.37x	40mm	General diagnosis & treatment
25D Large	52° / 68°	2.54x	.39x	38mm	Median field diagnosis & treatment
28D Large	53° / 69°	2.27x	.44x	33mm	Small pupil diagnosis & treatment
30D Small	46° / 60°	2.10x	.48x	30mm	Small profile lens for ease of use within the orbit
30D Large	58° / 75°	2.15x	.47x	30mm	Small pupil diagnosis & treatment
40D Large	69° / 90°	1.67x	.8x	20mm	Pediatric ophthalmology / veterinary apps.
Digital BIO Lenses	Field of View	Image Mag.	Laser Spot Mag. Factor	Working Distance	Primary Application
Digital ClearMax	38° / 49°	3.80x	.26x	60mm	For detailed optic disc and posterior pole examination
Digital ClearField	55° / 72°	2.73x	.36x	43mm	For mid app for peripheral retinal viewing



Available in 7 different colors (shades may vary)

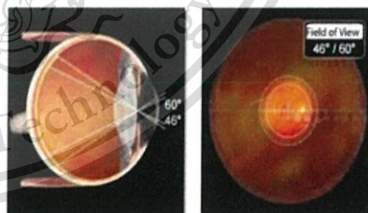


20D

Primary Application – Industry standard general diagnostic lens

- Balance of magnification and field of view for general diagnosis
- Perfectly corrected for field curvature, astigmatism, aberrations and coma
- Available in AutoClave Sterilizable (ACS) design (see page 26) or Single Use design (see page 37)

Product code: V20LC



2D View

Field of View

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.