



การวัดพื้นผิวสามมิติ

THREE DIMENSION SURFACE MEASUREMENT

โดย

น.ส. เวียงวิไล ตันมหาพราน รหัส 34106354  
น.ส. ศิราณี ศรีวรรณวิทย์ รหัส 34107371  
นาย อนุรักษ์ สุขรอด รหัส 34109480

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปว่ากรณินี้โดยทั้งสิ้น ลึกซึ้งห้าวหาญให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดพื้นผิวสามมิติ

THREE DIMENSION SURFACE MEASUREMENT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2537

ภาควิชา เทคโนโลยีวัดคุมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวัดพื้นผิวสามมิติ

THREE DIMENSION SURFACE MEASUREMENT

ผู้จัดทำ

1. น.ส. เวียงวิไล ตันมหาพราน รหัส 34105354
2. น.ส. ศิราณี ศรีวรรณวิทย์ รหัส 34107371
3. นาย อนุรักษ์ สุขรอด รหัส 34109480

อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ ( ABSTRACT )   |      |
| บทที่ 1 การประมวลผลภาพทางดิจิทัล<br>( DIGITAL IMAGE PROCESSING )                | 1    |
| บทที่ 2 การมองเห็นของมนุษย์และคอมพิวเตอร์<br>( HUMAN AND COMPUTER VISION )      | 5    |
| บทที่ 3. รูปแบบของภาพและการโฟกัส  | 11   |
| บทที่ 4 การประมวลผลภาพเบื้องต้น<br>( FUNDAMENTAL CONCEPTS OF IMAGE PROCESSING ) | 15   |
| บทที่ 5 การหาระยะทาง<br>( RANGE FINDING )                                       | 20   |
| บทที่ 6 โครงสร้างของระบบ<br>( SYSTEM CONFIGURATION )                            | 32   |
| บทที่ 7 ขั้นตอนการคำนวณหาระยะทาง  | 38   |
| บทที่ 8 การทดลอง  | 48   |
| บทที่ 9 การใช้โปรแกรม   | 69   |
| กิตติกรรมประกาศ   |      |
| เอกสารอ้างอิง   |      |
| ภาคผนวก   |      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การวัดพื้นผิวสามมิติ

## THREE DIMENSION SURFACE MEASUREMENT

โดย

เวียงวิไล ตันมหาพราน

ศิราณี ศิริวรรณวิทย์

อนุรักษ์ สุขรอด

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การทำงานของแขนกลไม่สามารถที่จะตัดสินใจกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยตนเอง แต่จะดำเนินไปตามลำดับขั้นของโปรแกรมที่ได้กำหนดตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ไว้แล้ว ฉะนั้นการทำปฏิญญาพันธฉบับนี้จึงมุ่งเน้นที่จะหาระยะระหว่างวัตถุกับกล้องโทรทัศน์วงจรมืด เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาการทำงานของแขนกลให้สามารถเลือกหยิบวัตถุที่ต้องการได้ในระยะทางที่แตกต่างกัน

ปฏิญญาพันธฉบับนี้ได้ใช้วิธีการคำนวณแบบ Active Triangulation เพื่อหาระยะทางระหว่างวัตถุกับกล้องโทรทัศน์วงจรมืด ในการดำเนินการได้ใช้อุปกรณ์ต่างๆ คือ กล้องโทรทัศน์วงจรมืด เครื่องฉายสไลด์และแผ่นสไลด์ Gray-Code จำนวน 9 แผ่น ในการสร้าง Range Image ซึ่งเป็นสิ่งที่จะบอกให้ทราบถึงระยะทางระหว่างวัตถุกับกล้องโทรทัศน์วงจรมืด ผลที่ได้จากการดำเนินการครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

### ABSTRACT

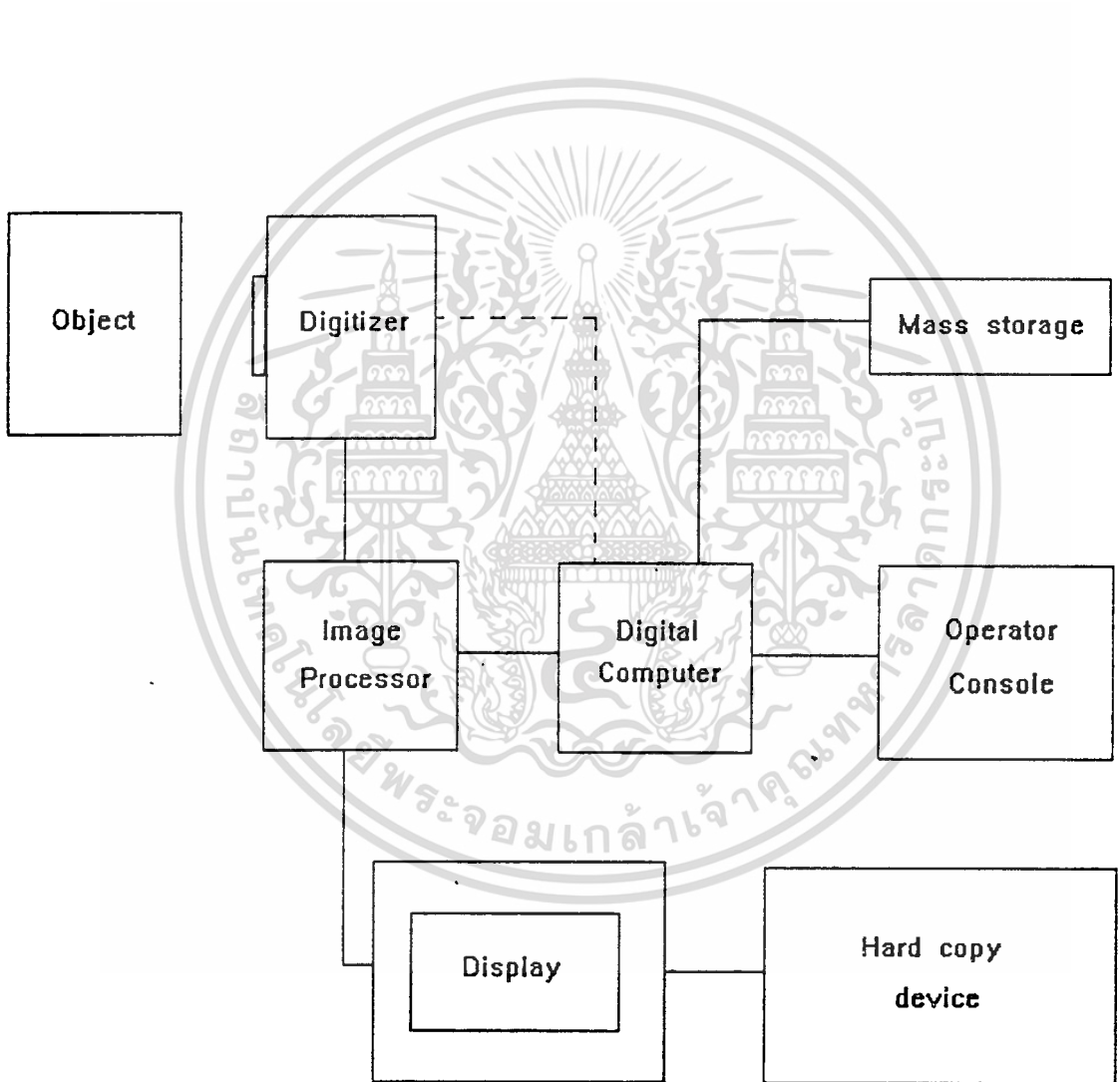
In present , the robot arm's operation can't determine to define the direction of movement with itself but it works according the sequence of program that already has defined the position and direction of movement . So this project we would like to find the distance between object and CCD camera . In order to apply for the development of robot arm's operation to choose the object in the vary distance .

In this thesis , the technique of active triangulation method is applied for finding the distance between object and CCD camera . For the experiment we use CCD camera , projector and the nine gray-code patterns to construct Range Image that can tell the distance between object and CCD camera . This experiment result is satisfied

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บทที่ 1**  
**การประมวลผลภาพทางดิจิทัล**  
**( DIGITAL IMAGE PROCESSING )**

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการประมวลผลภาพทางดิจิทัลแสดงได้ดังรูป 1-1



**รูปที่ 1-1 ระบบการประมวลผลภาพทางดิจิทัล**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## IMAGE PROCESSORS

ดิจิตอล IMAGE PROCESSOR เป็นหัวใจของระบบ IMAGE PROCESSING ซึ่งระบบ IMAGE PROCESSOR ประกอบด้วย ชุดของ HARDWARE ซึ่งทำหน้าที่พื้นฐาน 4 อย่าง คือ

1. การรับภาพ จะมีสัญญาณ T.V. เป็นอินพุท และจะเปลี่ยนสัญญาณนี้ไปเป็นสัญญาณดิจิตอล ปัจจุบันนี้ อิมเมจโปรเซสซิง ( IMAGE PROCESSING ) โดยมากสามารถรับภาพจาก T.V. ได้ใน 1 FRAME - TIME ( ใช้เวลา 1/30 วินาที ) เพราะว่าภาพที่รับเข้ามามักจะเป็น " FRAME GRABBER "

2. การเก็บภาพ เราเรียกว่า FRAME BUFFER เป็นหน่วยความจำที่สามารถนำภาพเข้ามาเก็บไว้ได้และยังสามารถที่จะ LOAD หรือ อ่านสัญญาณ T.V. ( เพื่อที่จะได้ภาพต่อหน้าที )

3. การ PROCESSING ในระดับล่าง เป็นการนำภาพที่ถ่ายเข้ามาทำการประมวลผล และการกระทำทางลอจิก ( LOGIC ) ซึ่งตัวกระทำนี้เราเรียกว่า ARITHMETIC - LOGIC UNIT ( ALU ) ซึ่ง ALU เป็นอุปกรณ์ทาง HARDWARE ที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษ ที่ใช้ในความเร็วสูงและเป็นการ PROCESSING ในแบบขนาน

4. การแสดงผล จะทำการอ่านจากหน่วยความจำที่เก็บภาพไว้แล้ว และทำการเปลี่ยนข้อมูลดิจิตอลไปเป็นสัญญาณอนาล็อกและ เอาท์พุทของสัญญาณนี้จะส่งไปที่ T.V. มอนิเตอร์ หรืออุปกรณ์วีดีโอ

## DIGITIZERS

DIGITIZER จะทำการเปลี่ยน IMAGE ไปเป็นความเข้มของแสง ( เป็นตัวเลข ) ตามความเหมาะสมของสัญญาณอินพุทที่ได้รับเข้ามา ซึ่งเป็นดิจิตอล โดยมากอุปกรณ์เหล่านี้จะเป็น MICRO - DENSITOMETERS , FLYING SPOT SCANNERS , IMAGE DISSECTORS , VIDICON CAMERAS สามารถรับภาพของธรรมชาติเข้ามาได้ โดยขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ทำการรับเข้ามาได้

## DIGITAL COMPUTERS

โดยทั่วไป IMAGE PROCESSING จะมีความสามารถในการประมวลผลภายใน ดังนั้นสิ่งหนึ่งมักจะพบว่า IMAGE PROCESSING จะเชื่อมต่อกับทุก ๆ ส่วนของคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีตั้งแต่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไปจนถึงระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ที่มีความสามารถในการคำนวณบนพื้นที่ของอิมเมจขนาดใหญ่ การเชื่อมต่อของ IMAGE PROCESSING กับคอมพิวเตอร์นั้น จะจัดให้แต่ละโปรแกรมสามารถเข้าไปประมวลผลข้อมูลของอิมเมจนั้นได้ และผลที่ได้จากการประมวลผลข้อมูล จะถูกนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

## STORAGE DEVICES

DIGITAL IMAGE มีขนาด  $512 * 512$  พิกเซล และแต่ละพิกเซลต้องการพื้นที่ 8 บิต ดังนั้นภาพ ๆ หนึ่งจะใช้เนื้อที่ประมาณ 0.25 เมกะไบต์ การเก็บภาพส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์อยู่ 4 ชนิด คือ FLOPPY DISK , MAGNETIC DISK , MAGNETIC TAPES และ OPTICAL DISK

### FLOPPY DISKS

จะมีความจุประมาณ 1.4 เมกะไบต์ของดิสค์ และสามารถเก็บภาพได้ 9 ภาพ ( ภาพมีขนาด  $512 * 256$  )

### MAGNETIC DISKS

จะมีความจุประมาณ 700 เมกะไบต์ของดิสค์ และสามารถเก็บภาพได้ 2800 ภาพ ( ภาพมีขนาด  $512 * 512$  )

### MAGNETIC TAPES

ที่มีความเข้มสูง ( 6400 ไบต์ต่อนิ้ว ) สามารถเก็บภาพ 1 ภาพ 1 ภาพ โดยใช้พื้นที่ในเทป ประมาณ 4 ฟุต

## OPTICALS DISKS

ประมาณ 16,000 ภาพซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีการอ่านและเขียนโดยเลเซอร์ ความจุในการเก็บของ SINGLE OPTICAL DISK PLATTER มีประมาณ 4 จิกะไบต์ หรือ เก็บเป็นภาพได้

## DISPLAY DEVICES

- มอนิเตอร์แบบโมโนโครม และ สี เป็นอุปกรณ์แสดงผลที่ใช้ในระบบ IMAGE PROCESSING ในปัจจุบัน มอนิเตอร์ จะถูกขับโดยเอ้าท์พุทของ IMAGE DISPLAY MODULE ใน IMAGE PROCESSING ซึ่งจะส่งสัญญาณออกที่เอ้าท์พุทเป็นสัญญาณภาพไปที่จอภาพของมอนิเตอร์ ส่วนเครื่องแสดงผลอย่างอื่น ๆ จะรวมถึงจอภาพ CRT และ PRINTER ด้วย
- ระบบจอภาพแบบ CRT ตำแหน่งของอิเล็กเมนต์ต่าง ๆ ทางแนวนอนและแนวตั้งของภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลง VOLTAGE ที่นำไปจ่ายให้กับ YOKE COIL เพื่อใช้ควบคุมการเบี่ยงเบน ELECTRO BEAM ของ CRT ทั้งแนวตั้งและแนวนอน
- ระบบ PRINTER เป็นอุปกรณ์แสดงผลเบื้องต้นสำหรับงานอิมเมจ ที่มีความละเอียดต่ำ ๆ ระดับ GRAY SCALE ของจุดต่าง ๆ ที่พิมพ์ออกมาสามารถควบคุมจำนวนและความหนาแน่นของตัวอักษรที่จุดต่าง ๆ ได้

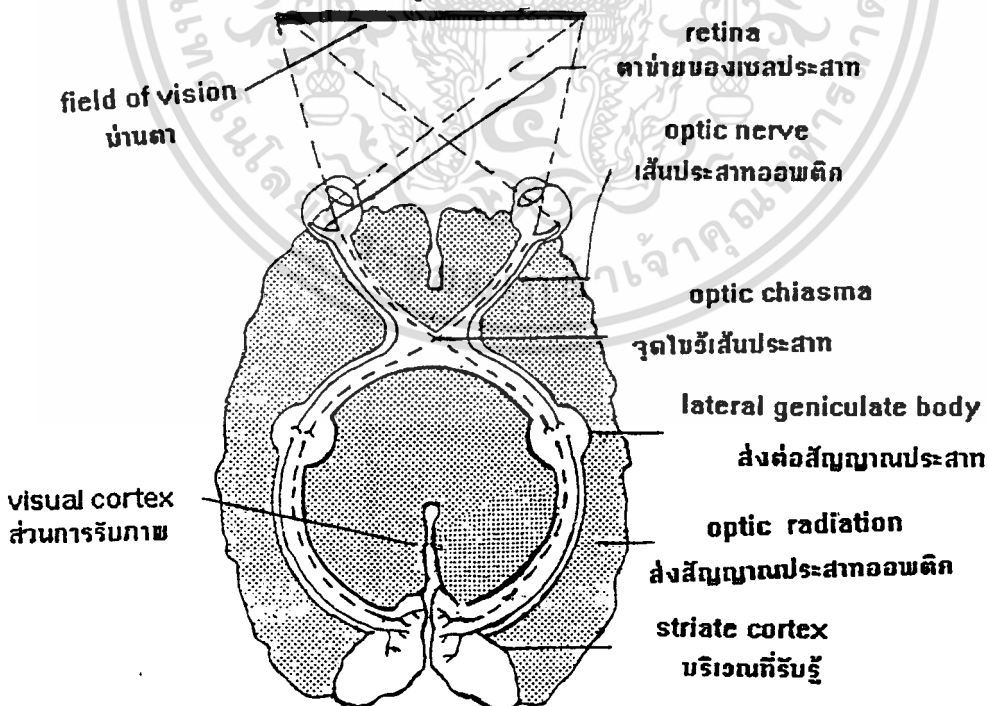
## บทที่ 2

### การมองเห็นของมนุษย์และคอมพิวเตอร์

#### ( HUMAN AND COMPUTER VISION )

จากการศึกษากระบวนการความสามารถแห่งการมองเห็นได้ของมนุษย์และขบวนการของการเกิดภาพ ทำให้เกิดความเคลื่อนไหวในแนวทางที่จะพัฒนาการมองเห็นได้ของคอมพิวเตอร์และทำให้มีความหวังในการสร้างประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้รับรู้สภาวะทางฟิสิกส์ได้มากขึ้น

ระบบการรับภาพมีองค์ประกอบ 4 ส่วน คือ ดวงตา ตาข่ายของเซลล์ประสาท (RETINA) ประสาทเชื่อมโยงจากดวงตาส่วนรับส่งสัญญาณประสาท (LATERAL GENICULATE BODY ) และส่วนของการรับภาพ (VISUAL CORTEX) แสดงในรูปที่ 2.1 ภาพจะปรากฏบนตาข่ายของเซลล์ประสาททั้งด้านซ้ายและขวาแล้วผ่านกระบวนการทางเคมีภายในเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพัลส์ทางไฟฟ้าพัลส์เหล่านี้จะส่งผ่านไปสุดไขว้เส้นประสาท(OPTIC CHIASSMA) ผ่านส่วนรับส่งสัญญาณประสาท (LATERAL GENICULATE BODIES ) และในที่สุดก็เข้าสู่บริเวณส่วนของการรับภาพ(VISUAL CORTEX) ซึ่งอยู่ในหน่วยรับการมองเห็น(OPTICPITAL LOBE)ในสมอง

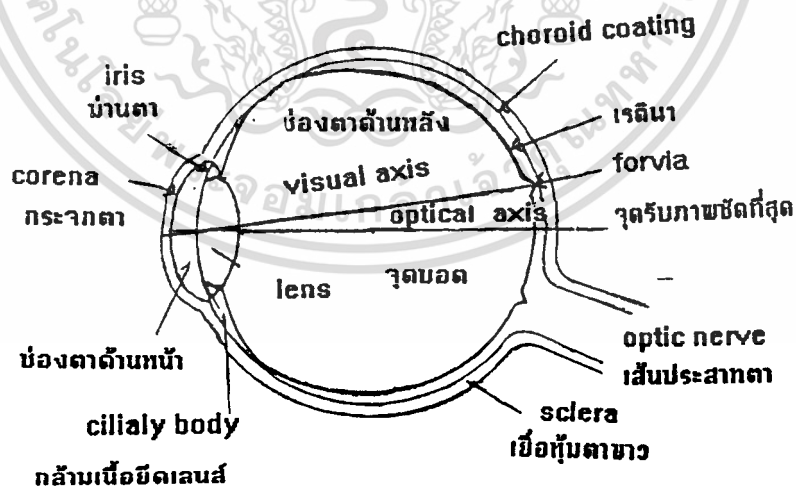


รูปที่ 2-1 โครงสร้างของระบบการมองเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพตัดขวางดวงตามนุษย์ในรูปที่ 2-2 เนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นนอกสุดคือเยื่อหุ้มตาขาว ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่ไม่ยืดหยุ่น ( SCLERA ) มีรูปร่างเกือบเป็นทรงกลมซึ่งมีรัศมีประมาณ 11 มม. และความหนา 1 มม. ที่ส่วนด้านหน้าของดวงตา เยื่อหุ้มตาขาวจะกลมกลืนกันไปกับกระจกตา ( CORENA ) ซึ่งพองนูนมาด้านหน้าด้วยรัศมีประมาณ 8 มม. หนา 1 มม. ส่วนด้านหลังของดวงตาจะมีเส้นประสาทตา ( OPTIC NERVE ) สอดเข้าไปในส่วนเยื่อหุ้มตาขาว ส่วนกล้ามเนื้อเยื่อหุ้มตาขาว ( CILIARY BODY ) จะอยู่บริเวณด้านหลังจุดรอยต่อระหว่าง กระจกตา และเยื่อหุ้มตาขาว ด้านหน้าของกล้ามเนื้อเยื่อหุ้มตาขาวจะเป็นม่านตา ( IRIS ) ซึ่งเป็นช่องเกือบเป็นรูปวงกลม และเป็นองค์ประกอบของแก้วตา ขนาดการเปิดของแก้วตาเปลี่ยนแปลงได้ประมาณ 2 ถึง 8 มม. โดยการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่ควบคุมม่านตา ปรากฏเป็นการตอบรับความสัมพันธ์ระหว่างแสงและสรีรศาสตร์

ภายในแก้วตานั้นเลนส์นูนทั้งสองด้านลอยอยู่ในลักษณะที่เปลี่ยนรูปร่างได้ การเปลี่ยนรูปร่างได้นี้มีผลต่อการเปลี่ยนความยาวโฟกัสของเลนส์ ทำให้สามารถปรับระยะการมองเห็นได้ ช่องที่แยกจากกันโดยเลนส์จึงเกิดขึ้น 2 ส่วน โดย ส่วนแรกเป็นส่วนที่มีช่องเหลวค้ำน้ำขังอยู่ และส่วนที่สองเป็นส่วนที่เต็มไปด้วยของเหลวที่มีความหนืดว ชั้นในสุดของดวงตาปกคลุมด้วยส่วนที่มีความไวต่อแสงคือตาข่ายของเซลล์ประสาท ( RETINA )

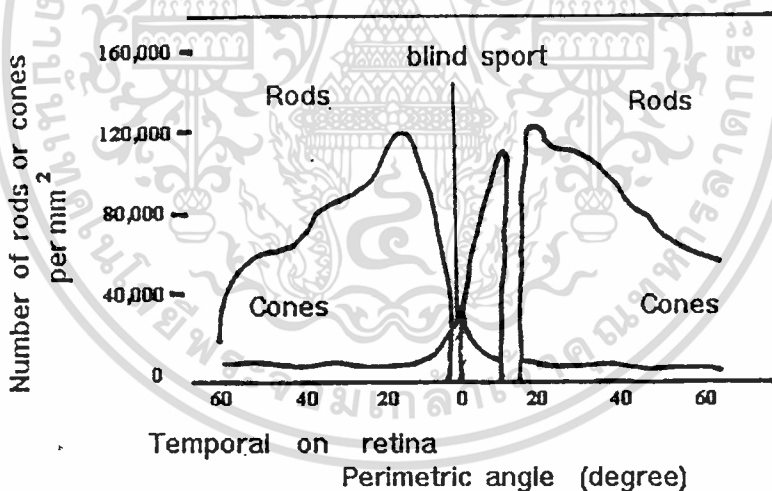


รูปที่ 2-2 ภาพตัดขวางอย่างง่ายของดวงตามนุษย์

บนผิวเรตินาประกอบด้วยเซลล์รับแสงที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน เรียกว่า "ROD" และ "CONE" โดยที่ ROD เป็นเซลล์รูปแท่ง ทำหน้าที่เป็นเซลล์รับแสงสว่างที่ไวมาก มีจำนวนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 75 - 150 ล้านเซลล์ และ CONE เป็นเซลล์รูปกรวยทำหน้าที่บอกความแตกต่างของสี มีจำนวนประมาณ 5 - 7 ล้านเซลล์ การกระจายตัวของมันแสดงดังรูปที่ 2-3 ช่วงตรงกลางเรตินาซึ่งมีความกว้างประมาณ 0.4 มม. เรียกว่า "FORVIA" ( เป็นตำแหน่งที่ภาพชัดเจนนที่สุด ) ประกอบด้วยส่วนที่เป็นCONE เท่านั้น เนื่องจากมีความหนาแน่นของCONE มาก ทำให้เป็นส่วนที่รับสีที่ดีที่สุด

ROD มีความหนาประมาณ 1 - 2 ไมโครเมตร และยาว 60 ไมโครเมตร สำหรับ CONE จะมีขนาดแตกต่างกันไปแต่ส่วนที่อยู่บริเวณศูนย์กลางของ FORVIA CONE จะมีความหนาประมาณ 1 - 2 ไมโครเมตร เช่นเดียวกับ ROD ในบริเวณ FORVIA การเชื่อมต่อระหว่าง CONE กับใยประสาท ( OPTICAL FIBERS ) มีค่าประมาณหนึ่งต่อหนึ่ง เมื่อระยะทางจาก FORVIA เพิ่มขึ้น จำนวนของการเชื่อมต่อยิ่งมากขึ้น

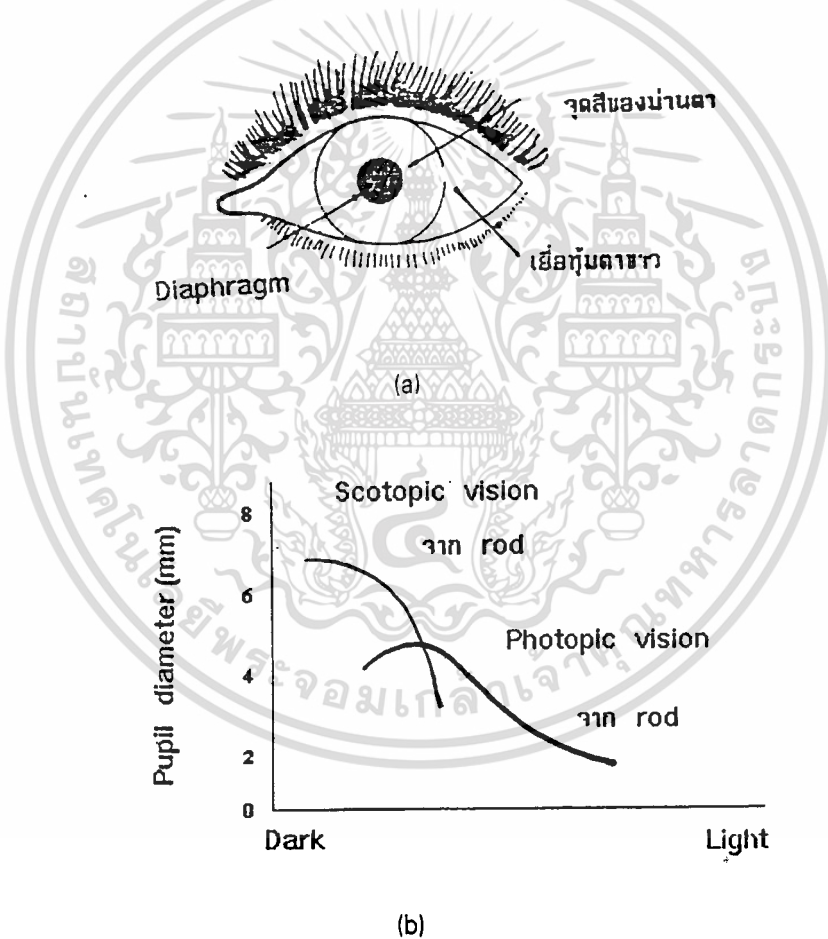


รูปที่ 2-3 การวางตัวของ ROD และ CONE ที่ระยะทางห่างจากศูนย์กลางของ FORVIA

ช่องเปิดของลูกตาจะเปิดกว้างขึ้นเมื่อมีแสงสว่างปริมาณมากขึ้น เพื่อลดจำนวนแสงที่ตกกระทบสู่เรตินา อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งเรตินาจะปรับตัวเข้าสู่ระดับใหม่ และช่องเปิดกลับเข้าสู่ระดับเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากแสงผ่านส่วนที่เป็นของเหลวใส ( EQUQUEOUS HUMER ) ที่อยู่ในที่ว่างระหว่างกระจกตากับเลนส์ตา ที่มีหน้าที่ทำให้นัยน์ตามองเห็นได้เป็นบริเวณกว้างมากขึ้น แล้วแสงจะผ่านต่อไปยังช่องเปิดของตาบริเวณศูนย์กลางของม่านตา ( PUPIL ) จากคุณสมบัติของเมียดสีที่ม่านตา ม่านตาจะทำหน้าที่คล้ายเครื่องกล ในการปิดเปิดช่องตา รูป 2-4 (a) เป็นภาพด้านหน้าของดวงตามนุษย์ การเปลี่ยนแปลงขนาดของช่องตานี้ ขึ้นอยู่กับกล้ามเนื้อสองชนิด คือ กล้ามเนื้อส่วนที่ใช้สำหรับการบีบรัดที่เคลื่อนที่ขนานไปกับวงกลมของม่านตา ( SPHINCLER ) และ กล้ามเนื้อส่วนที่ใช้สำหรับการขยายขนาดของช่องเปิดของตาตามฟังก์ชันแสงตกกระทบ ( DILATOR PUPILATE ) นั้นแสดงในรูป 2-4 (b)



รูปที่ 2-4 แสดงการทำงานสองลักษณะของช่องตา

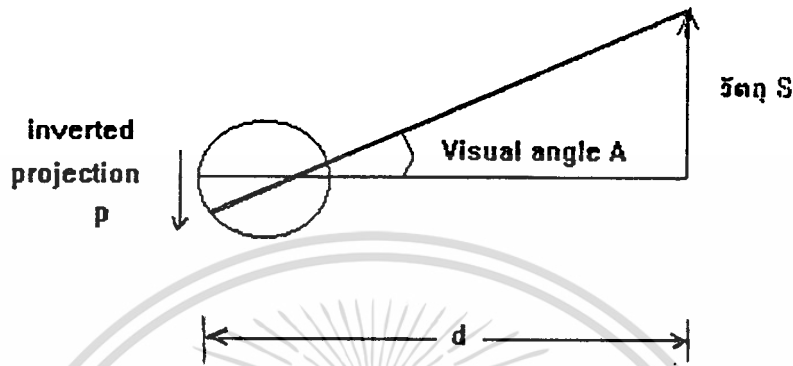
(a) ภาพดวงตาของมนุษย์ (b) การเปลี่ยนแปลงของช่องตาตามฟังก์ชันของแสง

การเปลี่ยนแปลงขนาดของช่องตานั้นสนองต่อ 3 วัตถุประสงค์ คือ ผลต่อฟังก์ชันการสะท้อนแสงเพื่อปรับขนาดปริมาณของแสงที่เข้าสู่ดวงตา การปรับสายตาเพื่อรับวัตถุ และ ปรับภาพภายใต้เงื่อนไขจากแสงที่สว่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพถูกปรับระยะการมองเห็น โดยการเปลี่ยนระยะโฟกัสให้ภาพตกลงที่เรตินา โดยภาพที่ปรากฏบนเรตินาจะเป็นภาพกลับหัว ดังรูป 2-5



รูปที่ 2-5 การโปรเจคของวัตถุบนเรตินา

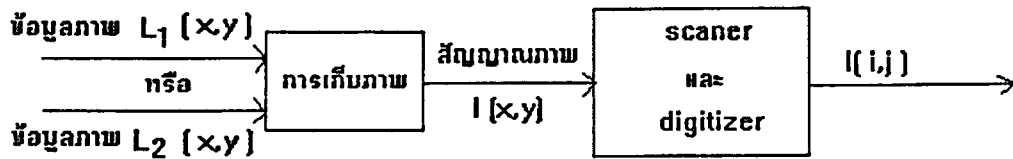
พารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กับการมองเห็น และใช้ประโยชน์ในกระบวนการรูปภาพ คือ ความสว่าง(BRIGHTNESS) ความชัด(LIGHTNESS) ความละเอียด และความคมชัด (CONTRAST)

BRIGHTNESS เป็นแนวคิดทางจิตศาสตร์หรือเป็นความรู้สึกสัมพันธ์กับจำนวนของแสงที่ถูกสร้างขึ้น เนื่องจากดวงตามนุษย์ มีความสามารถปรับตัวตามขนาดของแสงอย่างมาก ดังนั้นมนุษย์จึงไม่สามารถจะตัดสินใจเกี่ยวกับค่าปริมาณแสงสว่างได้อย่างถูกต้อง

LIGHTNESS เป็นความรู้สึกสัมพันธ์กับการรับรู้ของผู้สังเกตในความแตกต่าง ในความเป็นสีดำขาว หรือความเป็นสีเทาระหว่างวัตถุ ดังนั้นจึงแตกต่างจาก BRIGHTNESS

ความละเอียด เป็นความรู้สึกสัมพันธ์กับการรับรู้ของผู้สังเกตในเรื่องความละเอียดชัดเจนของผิววัตถุ คือ ถ้าจำนวนจุดต่อภาพมาก ภาพวัตถุที่มองเห็นก็ยิ่งมีความละเอียดชัดเจนมากขึ้น

CONTRAST ใช้สำหรับบ่งบอกลักษณะความแตกต่างในความสว่างนั้น ค่าความเป็นสีเทาขึ้นอยู่กับฉากเปรียบเทียบเบื้องหลัง



รูปที่ 2-6 เป็นการแสดงตัวสแกนและ DIGITIZER ของอินพุท

### การแปลงภาพจริงเป็นข้อมูลภาพ

เราพิจารณาแหล่งพื้นฐานของข้อมูลภาพ 2 ลักษณะ กระบวนการแรกคือการสร้างสัญญาณของสิ่งมีชีวิตจากภาพจริง และในกรณีของการคืนภาพเดิมจากข้อมูลที่เก็บไว้ในตัวกลางทางฟิสิกส์ ถ้าเราสังเกตจากรูป 2-6 ที่ขั้นตอนการเก็บภาพ (OPTIC) ขั้นตอนนี้จะสร้างสัญญาณภาพ  $I(x,y)$  ป้อนให้กับส่วนของการ สแกน และ DIGITIZER ซึ่งเป็นส่วนของการนำข้อมูลของภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ภาพอนาล็อก  $L_1(x,y)$   $L_2(x,y)$  จะถูกเปลี่ยนเป็นภาพสัญญาณดิจิทัล  $I(x,y)$  ซึ่งในบางครั้ง ส่วนของการสแกนและ DIGITIZER จะถูกเรียกว่าเป็นส่วนเรตินาของคอมพิวเตอร์ เรากำหนดให้ภาพดิจิทัล  $I(x,y)$  เป็นฟังก์ชันจริง 2 แกน ค่า  $i, j$  ซึ่งเป็นค่าอ้างอิงแสงและเงา สี ระดับที่ปรากฏบนภาพ ค่าเหล่านี้จะสัมพันธ์กับอินพุท  $L_1(x,y)$  หรือ  $L_2(x,y)$  อย่างใดอย่างหนึ่งในบริเวณ  $(x,y)$  ในบริเวณนี้เป็นค่าของจุดต่าง ๆ บนภาพ และเรียกว่า PIXEL ในเรื่องของ HARDWARE มีการทำงานสองชั้น คือส่วนของการสุ่มข้อมูลจากภาพเป็น PIXELS และการทำ QUANTIZE ของระดับสีเทา ขนาดแนวกว้างยาวของภาพจะเป็น  $128 * 128$ ,  $256 * 256$  และ  $512 * 512$  ระดับของ GRAY LEVEL นั้นมีระดับความแตกต่างกันเพียง 64 ระดับ ก็สามารถให้ความสมบูรณ์พอเพียง แต่ว่าในบางครั้งก็มีการใช้ถึง 256 ระดับ

### บทที่ 3

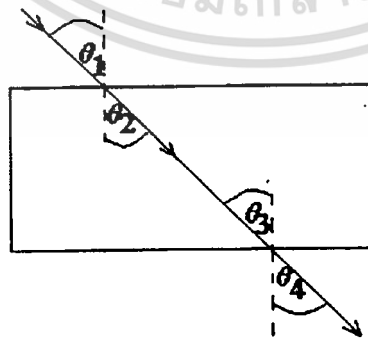
## รูปแบบของภาพและการโฟกัส

### ( IMAGE FORMATION AND FOCUSING )

ภาพของวัตถุที่ถูกโฟกัสด้วยเลนส์ ( LENS ) บนอุปกรณ์ตรวจจับ ( SENSING ELEMENT ) โดยทั่วไปมักใช้กล้องถ่ายรูป ( PHOTOGRAPHIC CAMERA ) ความแตกต่างระหว่างกล้องถ่ายรูปและระบบการมองเห็นของเครื่องจักร ( MACHINE VISION ) คือ กล้องถ่ายรูปจะใช้ฟิล์ม ในขณะที่ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรจะใช้ความคมชัด ( CONTRAST ) เพื่อที่จะจับ ( CAPTURE ) ภาพ ( IMAGE ) อุปกรณ์ตัวเซ็นเซอร์จะเปลี่ยนภาพที่มองเห็น ( VISUAL IMAGE ) ไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ( ELECTRICAL SIGNAL )

กล้องที่ใช้ในระบบการมองเห็น ( MACHINE VISION CAMERA ) โดยปกติมีรายละเอียดแตกต่างจากระบบการมองเห็น ( VISION SYSTEM ) ขณะเดียวกันความสามารถและความต้องการต่างๆของกล้องก็ขึ้นอยู่กับการประยุกต์การใช้งาน พารามิเตอร์ของเลนส์กล้องก็บอกรายละเอียดของเลนส์กล้องเอาไว้ เพราะว่ามันเป็นอุปกรณ์ที่จะปรับกล้องให้ได้รายละเอียดตามการประยุกต์การใช้งาน

คุณสมบัติการโฟกัสของเลนส์ เป็นผลจากคลื่นแสง ( LIGHT WAVE ) ที่มีความเร็วในการเดินทางในอากาศเร็วกว่าแก้วหรือวัสดุพวกออปติคอล ( OPTICAL ) ลำแสงที่ตัดผ่านรอยต่อจากอากาศไปยังแก้วจะเบี่ยงเบนไปจากปกติ ดังรูปที่ 3.1



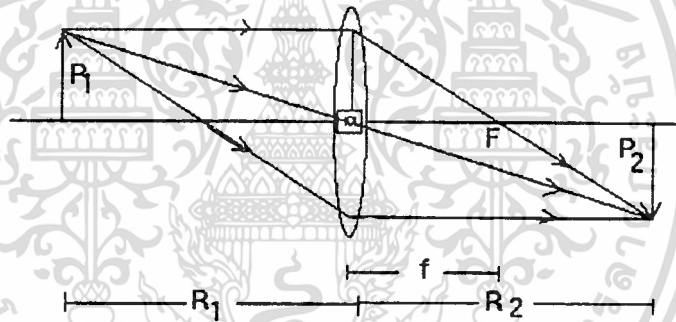
รูปที่ 3.1 แสดงการหักเหและการสะท้อนของแสงผ่านตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อแสงทำมุมตกกระทบในอากาศ  $\theta_1$  จะมีค่ามากกว่ามุมหักเหในแท่งแก้ว  $\theta_2$  และเมื่อแสงเดินทางผ่านแท่งแก้วทำมุมตกกระทบ  $\theta_3$  กับแท่งแก้วและหักเหออกจากแท่งแก้วไปในอากาศทำมุมหักเห  $\theta_4$  จะพบว่า  $\theta_1 = \theta_4$  และ  $\theta_2 = \theta_3$  ในกรณีที่ผิวทั้งสองข้างของเลนส์เป็นผิวโค้ง ลำแสงที่ผ่านไปยังเลนส์จะเปลี่ยนเป็นจุด ซึ่งรู้จักในนามจุดโฟกัส ซึ่งตำแหน่งของจุดโฟกัสสามารถหาได้จากสมการข้างล่าง

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

เมื่อ  $F$  คือ ระยะโฟกัส ( FOCAL LENGTH ) , ระยะเซ็นเตอร์เพลน ( CENTER PLANE ) ของเลนส์  $R_1$  และ  $R_2$  เป็นรัศมีส่วนโค้งของผิวเลนส์ทั้งสองดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการเกิดรูปภาพจากเลนส์

จากรูป  $P_1$  คือ ส่วนสูงของวัตถุจริง

$P_2$  คือ ส่วนสูงของวัตถุที่ผ่านเลนส์

$F$  คือ ระยะโฟกัส

$R_1$  คือ รัศมีส่วนโค้งหน้าผิวเลนส์

$R_2$  คือ รัศมีส่วนโค้งหลังผิวเลนส์

ลำแสงจากวัตถุ ( OBJECT ) จะเป็นเส้นตรงที่ต่อเนื่องไปยังจุดโฟกัส และรูปแบบของภาพบนตำแหน่งระนาบ ณ ระยะเกินจุดโฟกัสภาพจะเป็นภาพกลับหัวและขนาดของภาพจะเพิ่มขึ้น อุปกรณ์ตรวจจับหรือเซนเซอร์อะเรย์ ( SENSOR ARRAY ) ของระบบมองเห็นอยู่ ณ ตำแหน่งคงที่ ในบริเวณของระบบมองเห็นในตัวกล้อง ตำแหน่งของตัวตรวจจับ ( DETECTOR ) จะถูกสร้างขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

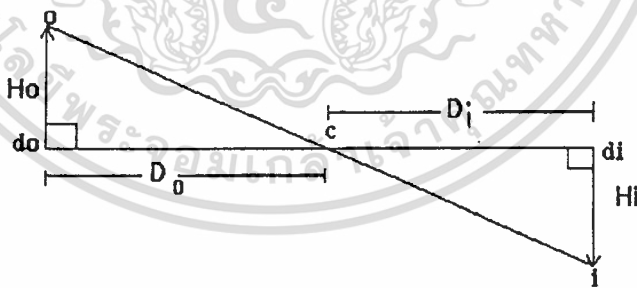
โดยขึ้นอยู่กับโครงสร้างและจะไม่แปรเปลี่ยนองค์ประกอบ ( VARIABLE FACTOR ) ไปในการประยุกต์ใช้งาน

### MAGNIFICATION

อัตราขยาย ( MAGNIFICATION ) คือ การวัดความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของภาพที่มองเห็น ( VISUAL IMAGE ) ของวัตถุในความเป็นจริง ( PHYSICAL WORLD ) ต่อขนาดของภาพบนตำแหน่งตัวเซนเซอร์ ณ ระนาบตรวจจับ ( DETECTOR PLANE ) ในตัวกล้อง ค่าของอัตราขยายจะมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง ในกรณีที่ประยุกต์การใช้งานในอุตสาหกรรม เพราะว่าขนาดตัวตรวจจับ ( DETECTOR ) มีขนาดเล็กกว่าวัตถุ ( OBJECT ) ที่เรามองเห็น และค่าอัตราขยายจะมีค่ามากกว่าหนึ่ง ในกรณีของกล้องจุลทรรศน์

ความสูงของภาพ ( IMAGE )  $H_i$  ในรูปที่ 3.3 เป็นฟังก์ชันของระยะทางระหว่างเลนส์และตำแหน่งของอิมเมจเพลน ( IMAGE PLANE ) ในตัวกล้อง ถ้าจุดสูงสุดวัตถุในรูปที่ 3.3 ถูกกำหนดให้เป็น  $o$  และจุดสูงสุดของภาพถูกกำหนดให้เป็น  $i$  รูปสามเหลี่ยม (  $c,o,d_o$  ) เป็นสามเหลี่ยมคล้ายกับสามเหลี่ยม (  $c,i,d_i$  ) และอัตราส่วนของด้านจะเท่ากับอัตราขยาย ( MAGNIFICATION ) ดังสมการข้างล่าง

$$\frac{H_i}{H_o} = \frac{D_i}{D_o}$$



รูปที่ 3.3 แสดงภาพที่อยู่หน้าเลนส์และภาพที่อยู่ ณ ตำแหน่งอิมเมจเพลน

เมื่อ  $H_i$  เป็นด้านของเซนเซอร์อะเรย์ ( SENSOR ARRAY )

$D_i$  เป็นระยะทางระหว่างเลนส์และระนาบของภาพ ( IMAGE PLANE )

$D_i$  ถูกตรึง ( FIXED ) ให้คงที่ เมื่อกำลังมีโครงสร้างตามที่ถูกสร้างมา  $D_o$  เป็นระยะระหว่างวัตถุและเลนส์ของกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของอัตราขยายถูกวางบนพื้นฐานขนาดสูงสุดของHo(Hoเป็นขนาดของภาพซึ่งถูกโปรเจกต์ไปยังเซนเซอร์อะเรย์ Do คือ ระยะระหว่างเลนส์และโปรเจกต์เฟลน )การเพิ่มขึ้นของระยะ Do จะทำให้อัตราการขยายลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

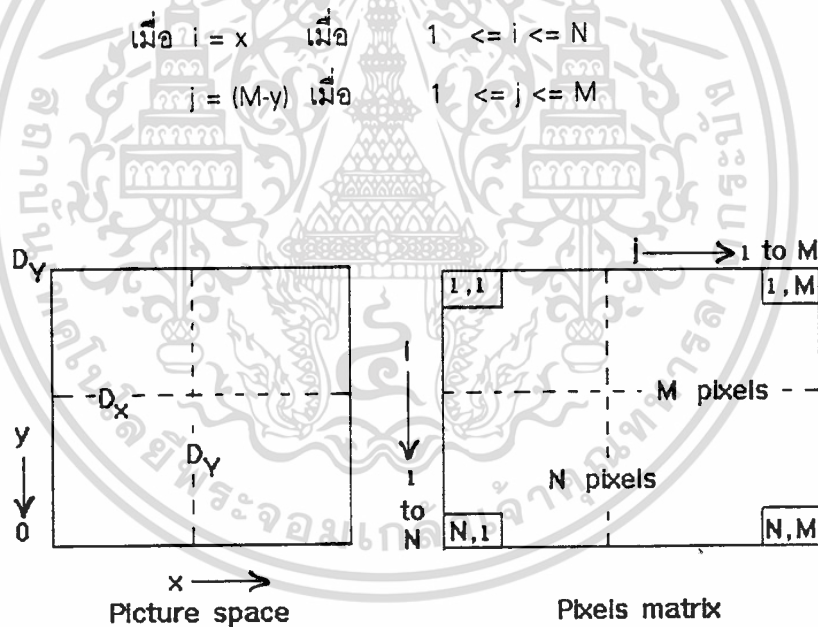
## บทที่ 4

### การประมวลผลภาพเบื้องต้น

#### ( FUNDAMENTAL CONCEPTS OF IMAGE PROCESSING )

#### PIXEL

อิมเมจสามารถอธิบายได้โดยค่าของพิกเซลที่มีรูปเป็นเมทริกซ์(matrix) ขนาด  $N \times M$  (ค่าอิเลิเมนต์  $P(i, j)$  มีค่าเป็นบวก) ซึ่งแสดงถึงความเข้มของแสง บนรูปภาพอิเลิเมนต์ที่  $(x, y)$  จะแทนโดยพิกเซลดังแสดงในรูปที่ 4-1 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างพิกเจอร์อิเลิเมนต์ (Picture element) และ พิกเซลเมทริกซ์ (Pixel matrix) จุดกำเนิดของภาพ (Picture) และ เมทริกซ์ (matrix) จะแตกต่างกัน  $x$  และ  $y$  เป็นคู่ลำดับ (Coordinate) ในภาพ (Picture) ที่มีจุดเริ่มต้นทางมุมด้านล่างซ้าย ขณะที่เมทริกซ์ (matrix) มีจำนวนพิกเซลเริ่มต้นที่มุมบนด้านซ้าย

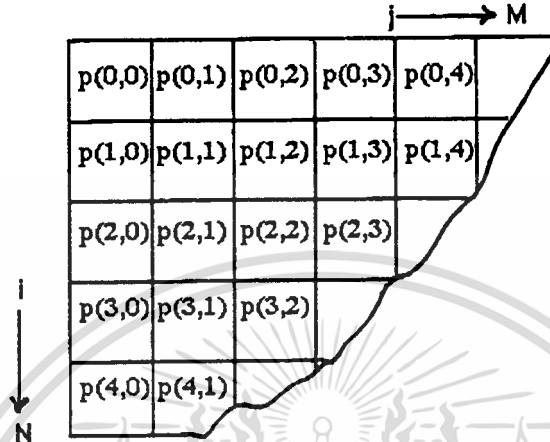


รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของภาพจริงกับตำแหน่งพิกเซล

ค่าตัวเลข ( NUMERICAL VALUE ) หรือขนาด ( MAGNITUDE ) ของพิกเซลแสดงได้ด้วย ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงบนพื้นที่พิกเจอร์อิเลิเมนต์ ( PICTURE ELEMENT ) ที่ถูกแทนด้วยพิกเซล ค่าตัวเลขของพิกเซล  $P_{i, j}$  มีช่วงที่ 0 ถึง 1 ในระบบไบนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$x = D_x / N$  increment  
 $y = D_y / M$  increment  
 $N =$  maximum number of pixels in a column  
 $M =$  maximum number of pixels in a row.



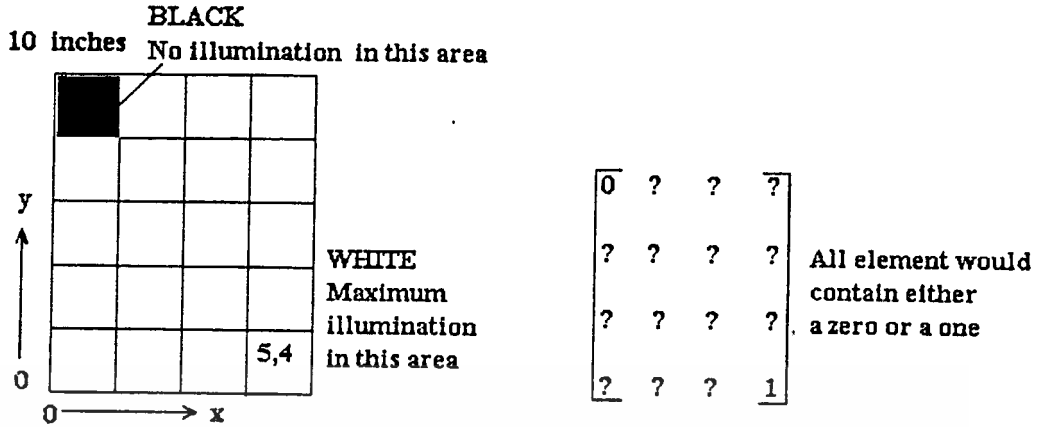
รูปที่ 4-2 คู่อันดับของพิกเซล

#### PIXEL LOCATION

คุณสมบัติของพิกเซลในรูปแบบพื้นฐานจะเหมือนกันหมด โดยคู่อันดับ ( COORDINATE ) ของพิกเซล จะอยู่ในอระเษขนาด  $N * M$  ซึ่งแทนเป็นรูปภาพ พิกเซลที่ตำแหน่ง  $( n , m )$  จะมีค่าอยู่หนึ่งค่า ซึ่งถูกแทนด้วยค่าเฉลี่ยของแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ของภาพ ( PICTURE )

ลองพิจารณาพื้นที่ซึ่งไม่มีแสงตกกระทบบนบริเวณส่วนบนของภาพและมีแสงที่มีความสว่างมากตกกระทบบนบริเวณส่วนล่าง สมมติให้ภาพมีขนาด 10 นิ้ว \* 10 นิ้ว ดังรูป 4 - 3 ในระบบของไบนารีจะใช้การแทนที่ของแสงสว่างดังนี้ : บริเวณที่ไม่มีแสงสว่างจะแทนด้วยค่า " 0 " และบริเวณที่มีแสงสว่างจะแทนด้วย " 1 " ภาพจะถูกแสดงโดย MATRIX ขนาด 5 \* 4 คือมี 5 แถว 4 หลัก แต่ละพิกเซลจะแทนภาพ ( PICTURE ELEMENT ) ขนาด 2.5 นิ้ว \* 2 นิ้ว ค่าของพิกเซลจะถูกกำหนดเป็นตัวเลข ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่ส่วนนั้น เช่น พื้นที่ขนาด 2.5 นิ้ว \* 2 นิ้ว ที่อยู่มุมซ้ายส่วนล่างของภาพ ที่ถูกแทนด้วยพิกเซล ( 5 , 4 ) ซึ่งมีค่าของพิกเซลเป็น " 1 " แสดงว่าบริเวณนี้มีแสงสว่างสูงสุด และพื้นที่ขนาด 2.5 นิ้ว \* 2 นิ้ว ที่อยู่บนส่วนบนทางมุมซ้ายมือของภาพ ที่ถูกแทนด้วยพิกเซล ( 1 , 1 ) ซึ่งมีค่าของพิกเซลเป็น " 0 " แสดงว่าบริเวณนี้ไม่มีแสงตกกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-3 (a) ความเข้มของแสงบนพื้นผิววัตถุ

(b) แสดงค่าของพิกเซลที่สัมพันธ์กับความเข้มของแสง

## GRAY SCALE

เพื่อที่จะให้ข้อมูลที่อยู่ระหว่างค่าของแสงสว่าง จำเป็นจะต้องเพิ่มจำนวนบิตในการเก็บข้อมูลแทนค่าของพิกเซล ตัวอย่างเช่น ถ้าระดับของแสงสว่าง (ILLUMINATION) อยู่ 4 ระดับ จะต้องการจำนวนบิตในการเก็บข้อมูลเพียงสองบิต จำนวนบิตเพิ่มขึ้นเป็น 4 บิต จะมีระดับแสงสว่างได้ 16 ระดับ 8 บิต จะได้ 256 ระดับ จำนวนของระดับสีเทา (GRAY LEVEL) โดยปกติจะเป็น  $(2^n)$  เมื่อ  $n$  คือจำนวนบิต ค่าที่อยู่ต่ำสุด คือ "0" ซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นสีดำ และตัวเลขที่เป็น "1" หรือมากกว่าขึ้นไปจะถูกแทนด้วยระดับสีเทาสูงสุด (MAXIMUM GRAY LEVEL) ตัวอย่างเช่นค่า "15" ในระบบ 16 (ระบบที่มีระดับสีเทา 16 ระดับ) จะเป็นค่าสำหรับสีขาว การกำหนดค่าของพิกเซล ปกติมักจะเป็นเลขจำนวนเต็ม (INTEGER)

### GRAY SCALE

2 ค่า  
8 ค่า  
16 ค่า  
256 ค่า

### GRAY VALUE RANGE

0, 1  
0 ถึง 7  
0 ถึง 15  
0 ถึง 255

การแทนความสว่างของแสงแบบไบนารีที่นิยมใช้กันอยู่ทุกวันนี้ในระบบการมองเห็น (VISION SYSTEM) มีข้อดี คือ ทำเป็นตัวเซ็นเซอร์ได้ง่าย ข้อมูลมีความถูกต้องสูง และในปัจจุบันไมโครโปรเซสเซอร์มีการประมวลผลแบบใช้ข้อมูลมากกว่า 8 บิตแล้ว ดังนั้นระดับสีเทา (GRAY LEVEL) มีค่าเท่ากับ 16, 64 และ 256 จึงเป็นเรื่องธรรมดา ในเวลานี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำกัดไม่เกิน 256 ระดับ เพราะว่า 64 และ 256 ระดับ ก็ให้รายละเอียดมากพอที่ตามนุษย์จะสามารถเห็น และ เพียงพอที่จะนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมได้อย่างพอเพียง ความสามารถของตามนุษย์ในการบอกความแตกต่างระหว่างความเข้มของแสงได้นั้น อยู่ในระดับ 40 แต่สามารถบอกความแตกต่างได้เด่นชัดเพียง 10 - 15 ระดับเท่านั้น ทำให้คอมพิวเตอร์แยกแยะได้มากกว่าตามนุษย์ที่จะแยกแยะได้

## การแสดงผลในระบบไมโครคอมพิวเตอร์

การแสดงผลในระบบไมโครคอมพิวเตอร์นั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 2 โหมดคือ

1. การแสดงผลแบบตัวอักษร (Text Mode)
2. การแสดงผลแบบรูปภาพ (Graphic Mode)

การแสดงผลแบบตัวอักษร ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นแบบ Matrix ของตัวอักษรที่ได้กำหนดไว้แล้วใน ROM ( Read Only Memory ) ซึ่งจะมีหลายขนาด เช่น 5\*7, 8\*8, 7\*9 เป็นต้น ดังแสดงในรูป 4 - 4

| dot row | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0000    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0001    | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0010    | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0011    | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0100    | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0101    | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0110    | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0111    | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1000    | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1001    | ● | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1010    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1011    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1100    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1101    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1110    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1111    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

capital on uppercase      small on lowercase

รูปที่ 4-4 แสดงถึงตัวอักษรที่โปรแกรมไว้ในตัว ROM เป็นรูปแบบของตัวอักษร การแสดงผลแบบรูปภาพ ในโหมดนี้ จะจัดลักษณะของฮาร์ดแวร์ ที่สามารถทำการอ้างถึงจุดภาพได้ทุกจุด เมื่อสามารถอ้างถึงจุดภาพได้ทุกจุดก็สามารถที่จะกำหนดรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของตัวอักษรได้มากมาย ซึ่งก็สามารถที่จะแสดงรูปภาพได้ และหากมีจำนวนจุดภาพมากเท่าใด ก็จะทำให้ได้ภาพที่ดีขึ้นเท่านั้น

สำหรับปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้ การเก็บภาพและแสดงภาพ จะเป็นแบบ Graphic Mode ซึ่งจะมีจำนวนจุด  $256 * 512$  จุดต่อภาพ

### การเก็บภาพและแสดงภาพ

ในการเก็บภาพของวัตถุโดยอาศัยอุปกรณ์สำหรับรับภาพ ซึ่งได้แก่กล้องต่างๆ เพื่อทำการแปลง ความสว่างในแต่ละตำแหน่งของภาพให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้าแบบอนาล็อก และหลังจากนั้นจะมีอุปกรณ์สำหรับแปลงสัญญาณภาพดังกล่าวให้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้ได้คือ สัญญาณแบบดิจิตอล ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้การดีดิจิตาไลเซอร์ที่ประกอบด้วยวงจร Analog To Digital Converter ( ADC ) ในการทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล และจะมีการจัดเรียงสัญญาณดิจิตอลนี้ลงสู่วิดีโอแรม ( Video Ram ) ซึ่งจะแทนค่าความสว่างของภาพในแต่ละจุดให้เกิดเป็นภาพซึ่งเรียกว่า Digital Image

การเก็บภาพจะเก็บภาพขนาด  $256 * 512$  จุดต่อภาพ และในแต่ละจุดภาพจะมีระดับสีเทาได้ 256 ระดับ ( ในแต่ละจุดภาพจะเป็นข้อมูลระดับแสงสีเทาขนาด 8 บิต ) ในการจัดเรียงสัญญาณดิจิตอลลงสู่วิดีโอแรม เพื่อให้ง่ายและสะดวกที่สุดคือการจัดให้มีการเก็บภาพแบบ แอดเดรส ( Address ) วิดีโอแรม ต่อเนื่องกันไปดังรูป 4-5



### รูปที่ 4-5 การจัดหน่วยความจำวิดีโอแรมของระบบเก็บภาพ $256 * 512$

การเก็บภาพจะเก็บเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า จุดแรกอยู่บนซ้ายมือสุด คือ แอดเดรสที่ 0 และนับไปทางขวามือไปจนถึงมุมขวาบนสุดเป็นแอดเดรสที่ 511 ในบรรทัดต่อมา เป็นแอดเดรสที่ 512 และนับไปทางขวาต่อเนื่องไปเช่นกันจนถึงมุมขวาล่างสุดเป็นแอดเดรสที่  $((256 * 512) - 1)$  (แอดเดรสที่ 131071) ซึ่งจะต้องใช้วิดีโอแรมทั้งหมด 128 กิโลไบต์

## บทที่ 5

### การหาระยะทาง ( RANGE FINDING )

ในการหาค่าระยะทาง ( Range ) มีวิธีที่นิยมใช้ 2 วิธี คือ

1. Time of flight method
2. Triangulation method

#### 1. Time-of-Flight Ranging

Time-of-flight ( TOF ) คือการคำนวณระยะทางจากเวลาที่ใช้ในการส่งสัญญาณไปยังวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังตัวรับ ทำได้โดยใช้สมการ

$$r = v * t / 2$$

ซึ่ง

$r$  = ระยะจากอุปกรณ์วัดระยะทางถึงวัตถุ  
 $v$  = ความเร็วของสัญญาณ  
 $t$  = เวลาที่ใช้ในการเดินทาง

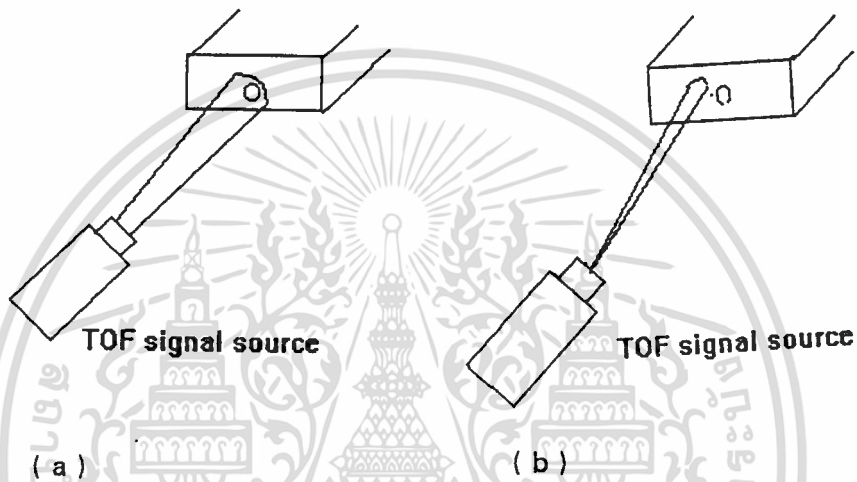
ในระบบ TOF สัญญาณที่ใช้มี 3 ชนิด คือ 1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic)  
 2. แสง (Light) 3. เสียง (Sound) สัญญาณแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูล

#### คุณสมบัติของสัญญาณ TOF ( TOF Signal Characteristics )

ในการใช้งาน TOF คุณสมบัติสำคัญ 2 ประการของสัญญาณที่จะต้องคำนึงถึงเสมอคือ

(1) ความกว้างของลำสัญญาณ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดรายละเอียดของข้อมูลที่เก็บ ถ้าลำของสัญญาณแคบ (อย่างเช่น laser) จะให้รายละเอียดของวัตถุสูงกว่าลำกว้าง สำหรับตัวอย่างลองเปรียบเทียบสัญญาณในรูปที่ 5-1(a) กับลำสัญญาณแบบแคบในรูปที่ 5-1(b) ลำที่มีขนาดกว้างจะครอบคลุมพื้นผิวของวัตถุได้มาก ทำให้รายละเอียดอย่างเช่น รู ในรูปที่ 5-1(a) ไม่ถูกวัด แต่รูในรูปที่ 5-1(b) จะสามารถวัดความลึกของรูได้เพราะลำสัญญาณมีขนาดเล็กกว่ารู

(2) ความเร็วในการเดินทางของสัญญาณ ซึ่งสัญญาณมีความเร็วในการเดินทางมากเท่าไร ก็จะยิ่งยากในการวัดระยะห่างเท่านั้น สำหรับตัวอย่าง , สัญญาณเสียงเคลื่อนที่ 1100 ft/s ขณะที่สัญญาณแสงเคลื่อนที่ประมาณ 982,080,000 ft/s ในระบบใช้เสียงในแต่ละฟุตจะใช้เวลา 1.8 ms ขณะที่แสงใช้เวลา 2  $\mu$ s ดังนั้นสำหรับการวัดที่ต้องการความละเอียดภายใน 1 ฟุต จะเห็นว่าถ้าเราใช้แสงจะต้องมีระบบจับเวลาที่ละเอียดเป็น  $\mu$ s ขณะที่เสียงใช้เป็น ms



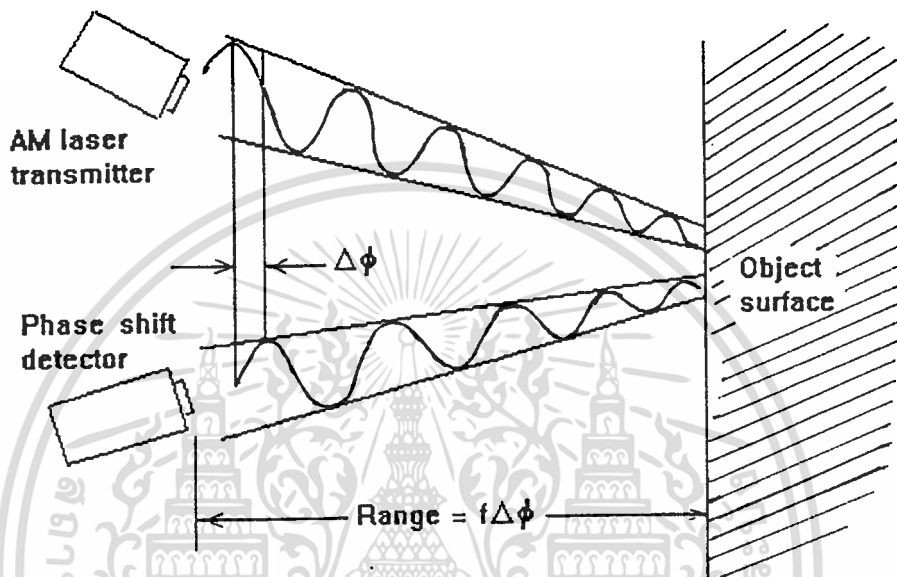
รูปที่ 5-1 (a) ลำสัญญาณกว้าง , (b) ลำสัญญาณแคบ

ต่อไปจะกล่าวถึงรายละเอียดของสัญญาณแต่ละชนิดของ Electromagnetic , Light , Sound Electromagnetic หัวข้อนี้เกี่ยวข้องกับการใช้สัญญาณวิทยุหรือเรียกโดยทั่วไปว่า RADAR เนื่องจากลำสัญญาณของคลื่นวิทยุ จะเป็นสัดส่วนกลับกับขนาดของสายอากาศ แต่อย่างไรก็ตามสัญญาณความถี่สูงจะมีความเร็วเข้าใกล้แสง ดังนั้นการวัดความลึกในระยะไกลๆ จึงยุ่งยาก นอกจากนี้วัตถุที่ไม่ใช่โลหะจะดูดกลืนสัญญาณความถี่สูงเกือบทั้งหมด ดังนั้นจึงต้องใช้กำลังในการส่งสูงมาก ด้วยเหตุผลเหล่านี้ RADAR จึงมักไม่นิยมใช้ใน computer vision หรือ robot navigation system

Light ของ ระบบ TOF ที่ใช้แสงจะเรียกว่า LIDAR (Light Detection and Ranging) โดยปกติระบบจะใช้ LASER เนื่องจากมีพลังงานในการเจาะทะลวงสูง นอกจากนี้ยังมีลำแสงแคบมาก ซึ่งจะทำให้ได้รายละเอียดสูง อุปสรรคสำคัญข้อเดียว คือ ระบบนี้จะมีความเร็วสูงมาก ทำให้ยากต่อการวัดระยะห่าง เทคนิคที่ใช้แก้ปัญหา นี้ คือ ใช้การจัดการเคลื่อนเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ phase-shift lidar , ลำแสง laser จะถูก modulation แบบ AM และส่งออกไป ดังแสดงในรูปที่ 5-2 เมื่อแสงกระทบวัตถุสัญญาณจะสะท้อนกลับ โดยมีเฟสแตกต่างกันไป ความแตกต่างของเฟส จะเป็นสัดส่วนกับระยะทาง



รูปที่ 5-2 Phase Shift ของลำแสงเลเซอร์แบบ AM เป็นสัดส่วนกับระยะทาง

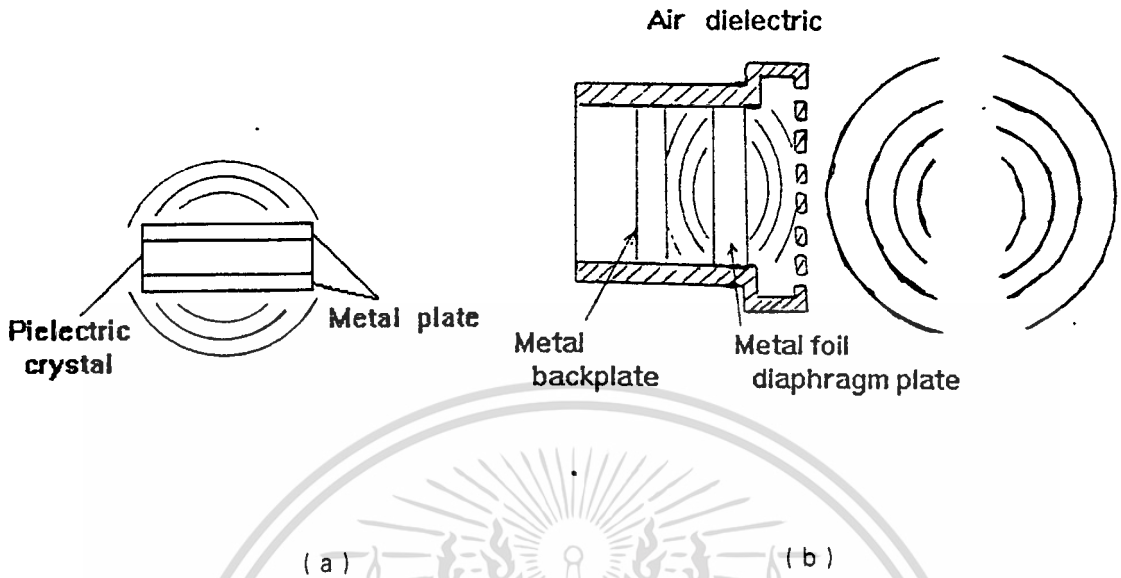
Sound ระบบนี้โดยปกติจะใช้ ultrasonic เพราะมันให้ลำเสียงที่แคบกว่าที่ความถี่ต่ำ เสียงมีความเร็วต่ำ จึงทำให้วัดความลึกได้ง่ายกว่า ข้อเสียอย่างเดียวกัน คือ ลำเสียงจะมีขนาดกว้าง โดยทั่วไประบบ ultrasonic มักถูกใช้ใน robot เพราะให้รายละเอียดของวัตถุได้ดี

ระบบ ultrasonic ต้องการทรานสดิวเซอร์ ซึ่งสามารถเป็นทั้งตัวรับและตัวส่ง โดยทั่วไปจะใช้ 2 ชนิด คือ (1) Piezoelectric transducer (2) Electrostatic transducer ซึ่งแสดงในรูปที่ 5-3(a) และ 5-3(b)ตามลำดับ

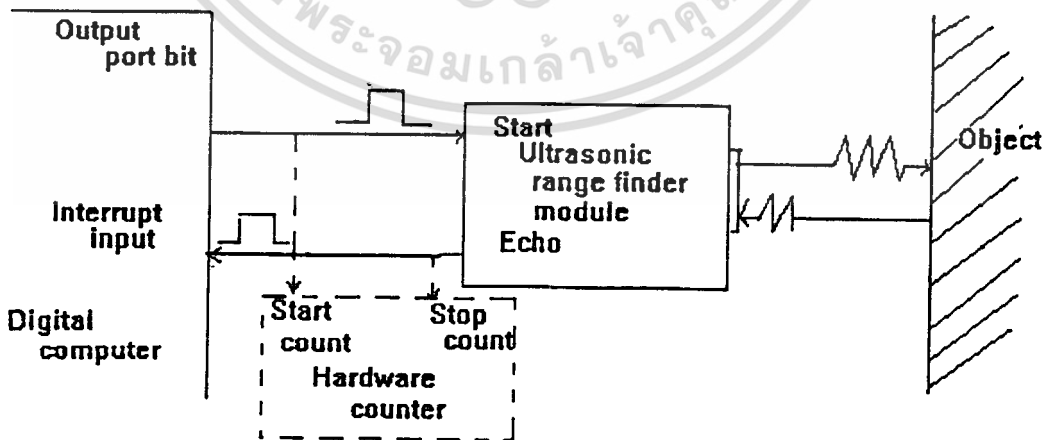
(1) Piezoelectric transducer จะใช้ไฟ AC ในการกระตุ้นให้ผลึก Piezoelectric สั่น ที่ความถี่รีโซแนนท์ การสั่นของผลึก จะถ่ายทอดไปยังแผ่นเพลทโลหะหรือไดอะแฟรม เพื่อผลิตคลื่นอุลตราโซนิค

(2) Electrostatic transducer Metal foil จะถูกวางชิดกับ metallic backplate แผ่นเพลทโลหะ 2 แผ่นจะมีฉนวนกันระหว่างกัน แรงดันจะถูกจ่ายระหว่างเพลททั้งคู่ ซึ่งจะทำให้ foil สั่นและสร้างคลื่นอุลตราโซนิคออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-3 (a) ทรานสดิวเซอร์แบบ piezoelectric ;(b)ทรานสดิวเซอร์แบบ electrostatic ระบบเครื่องวัดระยะทางในเชิงธุรกิจมักจะมีอยู่ในรูปของโมดูลสำเร็จ ในการใช้งานส่วนมากจะต้องจ่าย pulse เริ่มต้นให้แก่โมดูล เพื่อสร้างสัญญาณเสียง ขณะเดียวกัน pulse ก็จะไปกระตุ้นให้ hardware หรือ software counter ทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 5-4 เมื่อโมดูลได้รับสัญญาณเสียงที่สะท้อนกลับมา สัญญาณ echo ก็จะถูกส่งออกมาจากโมดูล



รูปที่ 5-4 ระบบวัดระยะทางแบบอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตัวอย่างที่ 5-1

เครื่องวัดระยะทางแบบอคูมคติจะสร้างเสียง 16 ลูก ที่ 50 kHz ที่เวลาเดียวกัน counter 16 bit จะถูกกระตุ้นให้นับที่ 16 MHz

- ระยะทางสูงสุดของระบบนี้มีค่าเท่าใด
- รายละเอียดสูงสุดของระบบนี้มีค่าเท่าใด
- ระยะของวัตถุมีค่าเท่าใด ถ้า counter บรรจุค่า 0011 1101 0010 1111

a) คำนับสูงสุดสำหรับ counter 16 bit คือ 65,535 ที่ 1 MHz ดังนั้นเวลาสูงสุดที่นับได้ คือ  $65,535 * 1 \mu s = 65,535 \mu s$  เรารู้ว่าเสียงเคลื่อนที่ประมาณ 1100 ft/s หรือ 1.8 ms/ft จากข้อมูลนี้จะได้ว่าระยะทางสูงสุดที่วัดได้ คือ

$$\frac{65,535 \mu s}{1.8 ms / ft} = 36.4 ft$$

b) รายละเอียดสูงสุดของระบบเป็นสัดส่วนกับ LSB ของ counter เนื่องจาก  $LSB = 1 \mu s$  ดังนั้นรายละเอียดสูงสุดเท่านั้น

$$\frac{1 \mu s}{1.8 ms / ft} = 0.00055 ft$$

c) ค่าที่นับได้ คือ 15,663  $\mu s$  ดังนั้นระยะทาง คือ

$$\frac{15,663 \mu s}{1.8 ms / ft} = 8.7 ft$$

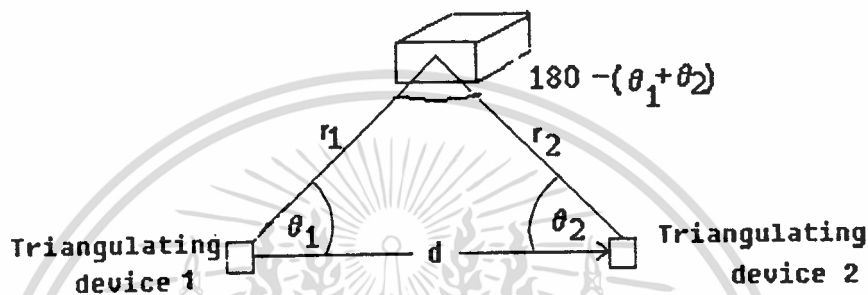
## 2. Triangulation

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการใช้หลักการของ Triangulation ในการวัดระยะทาง ในรูป 5-5 อุปกรณ์สองอุปกรณ์ และวัตถุจะสร้างรูปสามเหลี่ยม เราสามารถหาระยะห่างจากอุปกรณ์ถึงวัตถุ โดยใช้กฎของซายน์ ในระบบการมองเห็นก็ใช้หลักการนี้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$r_1 = \frac{d \sin \theta_2}{\sin(180 - (\theta_1 + \theta_2))}$$

$$r_2 = \frac{d \sin \theta_1}{\sin(180 - (\theta_1 + \theta_2))}$$



รูป 5-5 การสร้างสามเหลี่ยมอย่างง่าย

ระบบการมองเห็นสามารถใช้เทคนิค Triangulation ที่แตกต่างกัน 2 วิธีในการวัดระยะห่าง เทคนิคแรกคือ Passive Triangulation ซึ่งใช้อุปกรณ์รับภาพ 2 ตัว อีกเทคนิคหนึ่งจะใช้อุปกรณ์รับภาพ 1 ตัวกับ แหล่งกำเนิดแสงแบบควบคุมได้ โดยเรียกเทคนิคนี้ว่า Active Triangulation

#### Passive Triangulation

สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า stereo vision หรือ binocular vision ในรูป 5-6 อุปกรณ์สร้างภาพอาจเป็น diode-matrix หรือ CCD camera ก็ได้

จากรูป 5-6 ต้องการคำนวณหาค่าระยะทาง  $r$  จากกล้องถึงจุด  $p$  โดยบนวัตถุ โดยรู้ตัวแปร 2 ตัว ระยะห่างของกล้อง  $d$  กับความยาวโฟกัสของเลนส์  $f$  กล้องทั้งคู่จะสแกนฉากและสร้างเมทริกซ์ของภาพ จุดใดๆในฉากเช่นจุด  $p$  จะปรากฏเป็นพิกเซลในกล้องทั้งสอง  $x_1$  เป็นระยะห่างของพิกเซลจากจุดศูนย์กลางในกล้องขวา เช่นเดียวกัน  $x_2$  เป็นระยะห่างของพิกเซลจากจุดศูนย์กลางในกล้องซ้าย

ถ้าทำการซ้อนทับกล้องทั้งสอง จุดภาพทั้งสอง  $x_1$  และ  $x_2$  จะไม่ตรงกัน จะมีระยะทางแน่นอนระหว่างมัน ซึ่งถูกคำนวณโดยค่าสมบูรณ์ของความแตกต่างและเรียกค่านี้ว่า ความไม่เหมือนกัน (disparity)

จากรูป 5-6 สามารถคำนวณค่า  $r$  โดยประมาณดังนี้

$$r = d \sqrt{\frac{f^2 + x_1^2 + x_2^2}{|x_1 - x_2|}}$$

ซึ่ง  $r$  = ระยะห่างจากกล้องซ้าย ถ้าจุดวัตถุอยู่ในด้านขวาของฉาก

หรือ  $r$  = ระยะห่างจากกล้องขวา ถ้าจุดวัตถุอยู่ในด้านซ้ายของฉาก

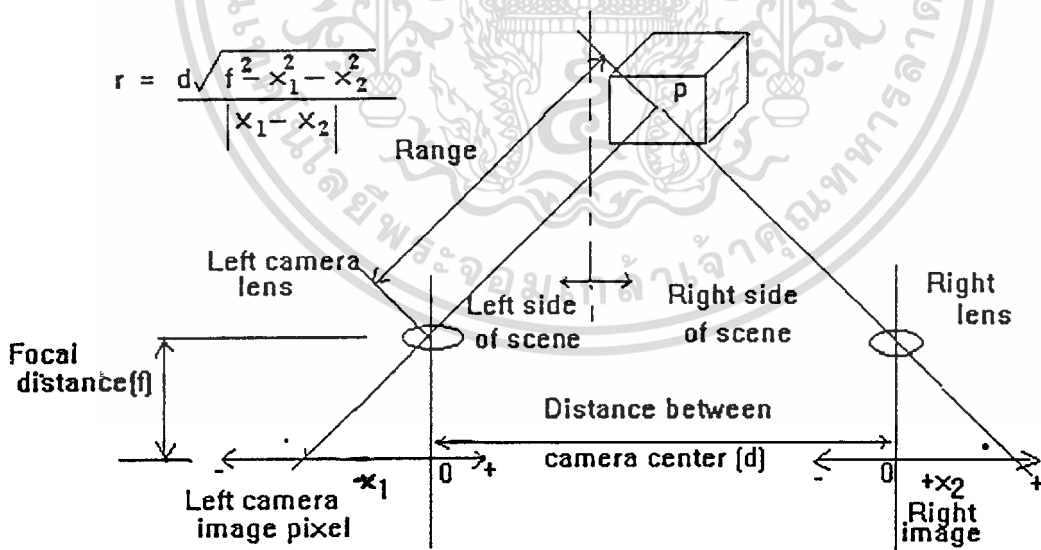
หรือ  $r$  = ระยะห่างจากกล้องใดๆ ถ้าจุดวัตถุอยู่ในตรงกลางของฉาก

$d$  = ระยะห่างระหว่างเลนส์ของกล้อง

$f$  = ความยาวโฟกัสของเลนส์กล้อง

$x_1$  = ระยะห่างของจุดภาพจากจุดศูนย์กลางเลนส์ด้านซ้าย

$x_2$  = ระยะห่างของจุดภาพจากจุดศูนย์กลางเลนส์ด้านขวา



รูปที่ 5-6 การหาระยะทางโดยใช้วิธี Stereo vision

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตัวอย่าง 5-2

กล้องทั้งสองตัวมีความยาวโฟกัส 5 cm ห่างกัน 30 cm วัตถุถูกตรวจจับในครึ่งขวาของฉาก  
ระหว่างกล้องทั้งสองตัว  $x_1 = -0.4$  cm  $x_2 = 0.2$  cm คำนวณหาระยะห่างของวัตถุ

ค่า disparity คือ  $|x_1 - x_2| = |-0.4 - 0.2| = 0.6$  cm

$$\begin{aligned} \text{จากสมการระยะจะได้} \quad r &= \frac{30\sqrt{5^2 + 0.4^2 + 0.2^2}}{0.6} \\ &= \frac{30 \times 5.25}{0.6} \\ &= 251 \text{ cm} \end{aligned}$$

เนื่องจากจุดวัตถุอยู่ในด้านครึ่งซ้ายของฉาก  $r$  จึงเป็นระยะทางจากกล้องซ้าย

ยิ่งกล้องทั้งสองตัววางชิดกันเท่าใด ความเด่นชัดระหว่างครึ่งซ้ายขวาของฉากก็จะน้อยลง  
อย่างไรก็ตาม การลดระยะห่างระหว่างกล้อง ความละเอียดของมาตรวัดระยะห่างก็จะน้อยลงด้วย

จากส่วนที่แล้ว เราจะเห็นว่าความถูกต้องของการวัด ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของค่า  $x_1, x_2$   
ซึ่งการหาค่า  $x_1, x_2$  ที่ถูกต้องเป็นเรื่องที่ยากมากและเรียกปัญหานี้ว่า Correspondence Problem  
ซึ่งเราสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยใช้แนวความคิดของ Active Triangulation

### Active Triangulation

Active Triangulation เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนอุปกรณ์รับภาพหรือแหล่งจ่ายแสง อุปกรณ์รับภาพอาจหยุดนิ่งแล้วใช้ลำแสงส่องมายังฉาก หรืออาจให้ค่าความส่องสว่างคงที่และกล้องถูกเคลื่อนที่ เพื่อสร้างความแตกต่างให้กับฉาก ในส่วนแรกจะพิจารณารณที่อุปกรณ์รับภาพหยุดนิ่งและแหล่งจ่ายแสงสแกนฉากก่อน วิธีการนี้มี 2 เทคนิค คือ : Spot sensing กับ Light-stripe sensing (หรือบางครั้งเรียกว่า structured lighting)

Spot sensing สมมติว่าฉายลำแสงไปบนวัตถุในห้องมืด ดังแสดงในรูปที่ 5-7 จะทำให้เกิดจุดบนวัตถุและสะท้อนกลับไปยังกล้องซึ่งรู้ระยะห่าง  $(d)$  ระหว่างกล้องกับแหล่งกำเนิดแสงทั้งหมดนี้จะสร้างรูปสามเหลี่ยมซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการหาระยะ  $r$

จุดแสงที่สะท้อนกลับสู่กล้องจะผลิตภาพ ที่มีจุดสว่างที่  $X$  และสามารถคำนวณหาค่า

$$\phi_2 = \tan^{-1} f/x$$

ซึ่ง

$$\phi_2 = \text{มุมที่กล้องกระทำกับจุดวัตถุ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f$  = focal distance ของกล้อง

$x$  = ระยะห่างของลำแสงบนภาพจากจุดศูนย์กลางภาพ

ต่อไปนี่ระยะห่างระหว่างตัวกำเนิดแสงกับกล้องสามารถคำนวณ โดยใช้สมการข้างล่าง

$$D = d + x$$

โดยที่

$d$  = ระยะทางคงที่ระหว่างตัวกำเนิดแสงกับกล้อง

$x$  = ระยะห่างตายตัวระหว่างจุดภาพกับกล้อง

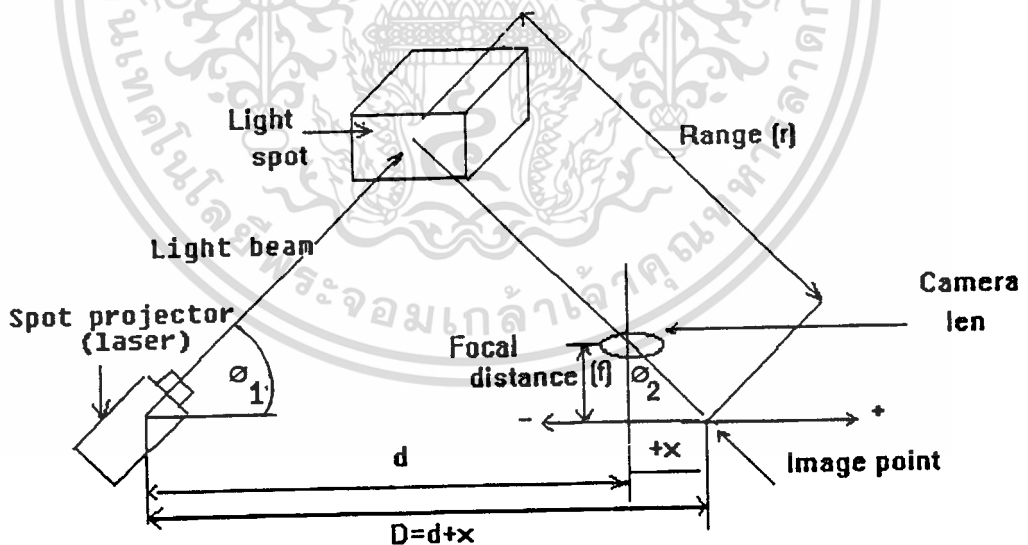
ในสมการทั้งคู่  $x$  เป็นได้ทั้งบวกและลบ ขึ้นอยู่กับว่าจุดอยู่ทางด้านซ้าย(-) หรือด้านขวา (+) ของกล้อง

เนื่องจากตำแหน่งของลำแสงถูกควบคุมโดยตัวกำเนิดแสง จึงรู้มุมของลำแสง  $\phi_1$

ระยะห่าง  $r$  จึงคำนวณได้ดังนี้

$$\frac{r}{\sin \phi_1} = \frac{D}{\sin [180^\circ - (\phi_1 + \phi_2)]}$$

$$r = \frac{D \sin \phi_1}{\sin [180^\circ - (\phi_1 + \phi_2)]}$$



รูปที่ 5-7 ระบบ spot sensing

ตัวอย่างที่ 5-3 กล้องตัวหนึ่งมีความยาวโฟกัส 5 cm อยู่ห่างจากตัวยิงแสง 30 cm ทางขวา ลำแสงถูกฉายที่มุม 45 องศา บนวัตถุและสะท้อนกลับสู่กล้อง จงหาระยะห่างของวัตถุ ถ้ามันสร้างจุดภาพที่ตำแหน่ง 2 cm ทางซ้ายของจุดศูนย์กลางภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลเฉลย

จากโจทย์จะได้  $f = 5 \text{ cm}$ ,  $d = 30 \text{ cm}$ ,  $\phi_1 = 45$  องศา

จากข้อมูลเหล่านี้ แสดงได้ดังรูป 5-8 สิ่งแรกที่จะต้องทำ คือ คำนวณ  $\phi_2$

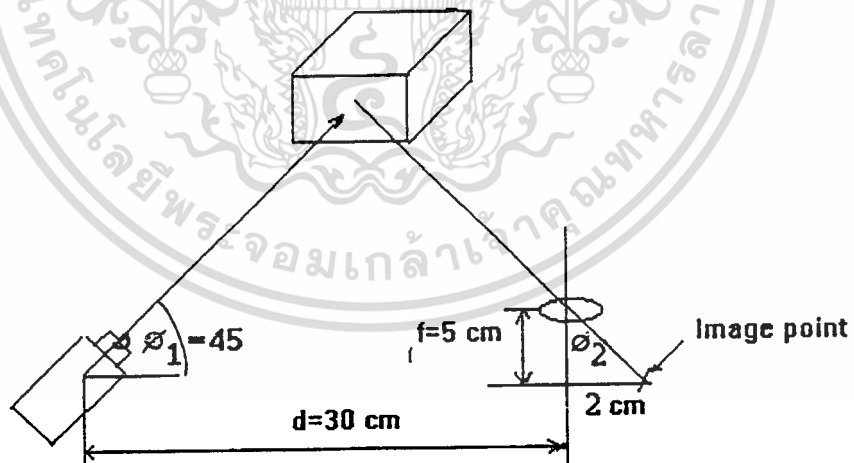
$$\begin{aligned}\phi_2 &= \arctan (f/x) \\ &= \arctan (5 \text{ cm}/2 \text{ cm}) \\ &= 68.2 \text{ องศา}\end{aligned}$$

ระยะห่างระหว่างตัวกำเนิดแสงและจุดภาพ คือ

$$\begin{aligned}D &= d + x \\ &= 30 \text{ cm} + 2 \text{ cm} \\ &= 32 \text{ cm}\end{aligned}$$

แทนค่าเหล่านี้ในสมการระยะห่าง จะได้

$$\begin{aligned}r &= \frac{32 \text{ cm} \sin(45^\circ)}{\sin[180^\circ - (45 + 68.2)]^\circ} \\ &= 24.62 \text{ cm}\end{aligned}$$



### รูปที่ 5-8 รูปประกอบตัวอย่างที่ 5-3

สังเกตว่าค่าระยะทางนี้เป็นระยะทางระหว่างจุดภาพและจุดวัตถุ ถ้าต้องการรู้ระยะทางจากเลนส์กล้อง จะต้องลบระยะทางระหว่างเลนส์และจุดภาพ ระยะทางนี้สามารถหาได้โดยการ

#### ใช้ทฤษฎีพีทาโกรัส

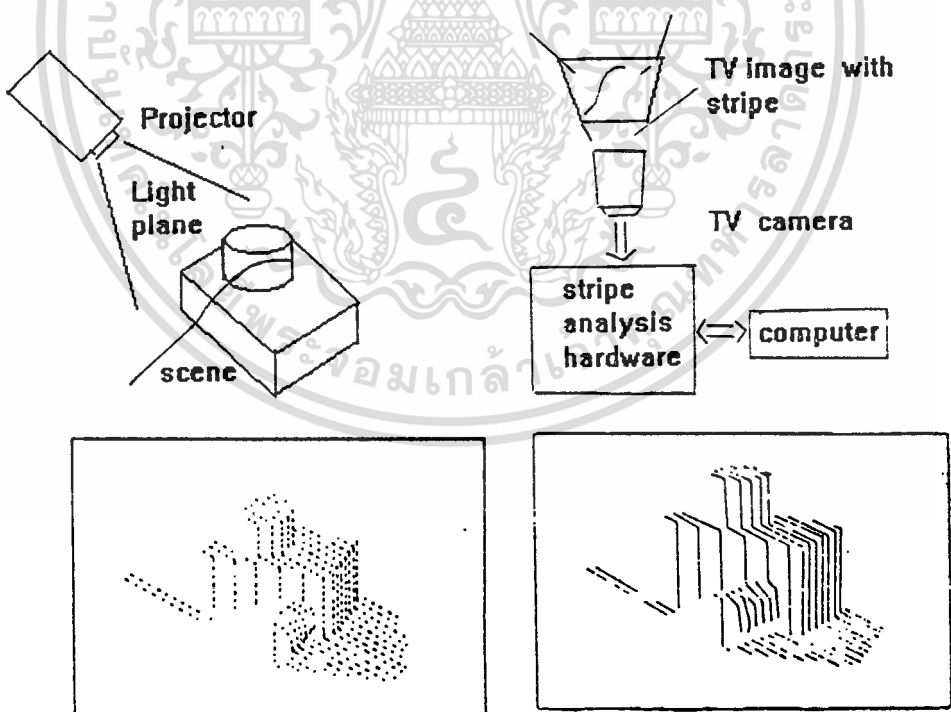
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ผ่านมาเป็นภาระระยะทางจากจุดเดียวของวัตถุ เพื่อที่จะสร้างภาพสามมิติหรือภาพระยะทาง จุดแสงจะต้องถูกสแกนบนฉากทั้งหมด และการคำนวณระยะทางจะต้องทำกับทุกจุดที่สแกน

ชนิดที่แตกต่างกันของแสง เช่น อินฟราเรด , เลเซอร์ สามารถถูกใช้ในระบบบก่อน แสงเหล่านี้ไม่ต้องการห้องมืด แต่จะต้องใช้ฟิลเตอร์กรองแสงที่เข้าสู่เลนส์กล้อง แสงเลเซอร์มีประโยชน์มากในทางปฏิบัติ เนื่องจากลำแสงเลเซอร์มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นมันจะให้รายละเอียดของความลึก

Light-stripe Sensing เป็นแนวคิดที่เพิ่มเติมจาก spot sensing stripe of light ถูกฉายไปบนฉากดังรูปที่ 5-9 กล้องจะเห็นเส้นหรือขอบของแสง แถบสามารถถูกแบ่งลงสู่จุดภาพ และระยะทางถูกคำนวณสำหรับจุดในแถบ การคำนวณระยะทางก็คำนวณได้เช่นเดียวกับ spot sensing

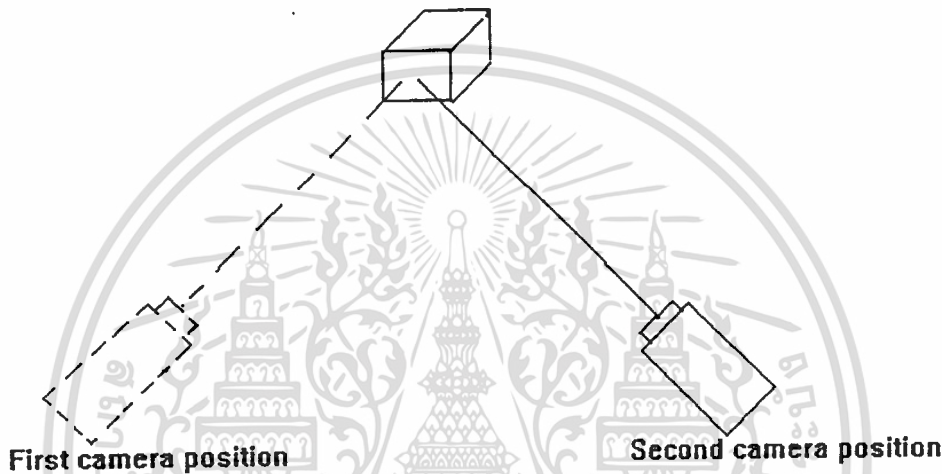
แถบแสงสามารถถูกขึ้นรูปโดยการผ่านแสงอินฟราเรดผ่าน slip บนตัวฉายแสง แถบเลเซอร์สามารถขึ้นรูป โดยการสแกนลำแสงเลเซอร์อย่างรวดเร็วในหนึ่งระนาบ



รูปที่ 5-9 การสร้างแถบแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาอย่างหนึ่งที่ถูกค้นพบในการสแกนแถบแสง คือ การให้รายละเอียดความลึกของพื้นผิว ซึ่งขนานกับแถบแสงได้ไม่ดี ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการสแกนภายในทิศทางตั้งฉาก ข้อดีของแถบแสง คือ ง่ายและเร็ว ซึ่งตรงข้ามกับ spot sensing ข้อเด่นพิเศษของแถบแสง คือ ขอบเขตของวัตถุและ regions สามารถถูกกำหนด โดยการเชื่อมต่อจุดปลายแถบแสงเข้าด้วยกัน ดังนั้นแถบแสงช่วยในการทำ segmentation ดังแสดงในรูปที่ 5-9

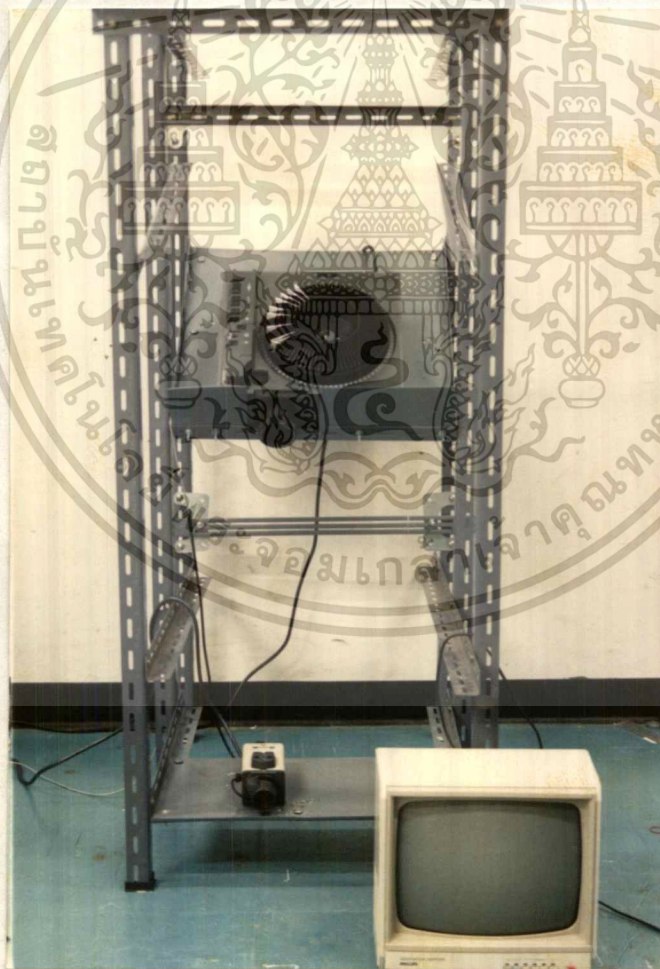


รูปที่ 5-10 ระบบกล้องเคลื่อนที่สร้างภาพ stereo

Camera motion รูปแบบสุดท้ายของ active triangulation เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนกล้องดังแสดงในรูปที่ 5-10 กล้องจะถูกเคลื่อนในระยะที่กำหนด เพื่อสร้างภาพ stereo การคำนวณก็ทำได้เช่นเดียวกับ passive triangulation

บทที่ 6  
โครงสร้างของระบบ  
( SYSTEM CONFIGURATION )

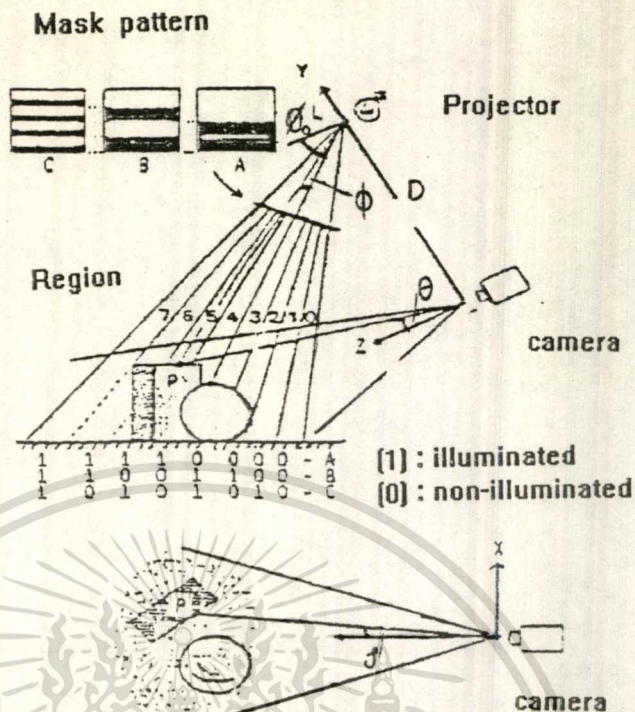
สำหรับวิธีการแบบ Active Trianguration โดยปกติแล้วเครื่องฉายสไลด์และกล้องโทรทัศนังจรปิดจะถูกวางแยกจากกันในแนวนอน ตัวอย่างเช่น เครื่องฉายสไลด์จะถูกวางไว้ในตำแหน่งด้านขวาของ กล้องโทรทัศนังจรปิด แต่ในบางครั้ง เครื่องฉายสไลด์และกล้องโทรทัศนังจรปิดอาจจะถูกวางแยกจากกันในแนวตั้งก็ได้ ซึ่งเครื่องฉายสไลด์จะต้องถูกวางไว้เหนือกล้องโทรทัศนังจรปิด จึงจะทำให้ภาพ Image ที่ได้ชัดเจนนยิ่งขึ้น



**รูปที่ 6-1 แสดงการวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการหา Range Image โดยเครื่องฉายสไลด์และกล้องโทรทัศนังจรปิดจะถูกวางแยกจากกันในแนวตั้ง**

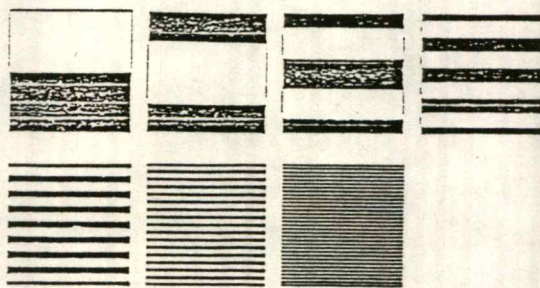
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีในการเข้ารหัส



รูปที่ 6-2 แสดงวิธีในการเข้ารหัส

เครื่องฉายสไลด์จะฉายแสงผ่าน Pattern ซึ่งในการทำปริญญาบัตรนี้ได้ใช้ Pattern รหัส Gray-code ดังแสดงในรูปที่ 6-3 เนื่องจาก Pattern รหัส Binary จะเกิดความกำกวมในการเข้ารหัส การเข้ารหัสโดยการใช้ Pattern ของ Binary-Code จะเกิดปัญหาในเรื่องของความกำกวมของ Data ที่จะใช้ในการคำนวณ ถ้า Pattern แผ่นใดแผ่นหนึ่งเกิดการเลื่อนตำแหน่งไปจาก Pattern แผ่นอื่นๆ ดังนั้น จึงได้มีการนำเอา Pattern ของ Gray-Code มาใช้ในการแก้ปัญหาความกำกวมที่เกิดขึ้นเนื่องจาก Gray-Code จะมี บิต แตกต่างกันเพียง 1 บิต ในระหว่างสองค่าที่อยู่ติดกัน



รูปที่ 6-3 แสดงภาพ PATTERN

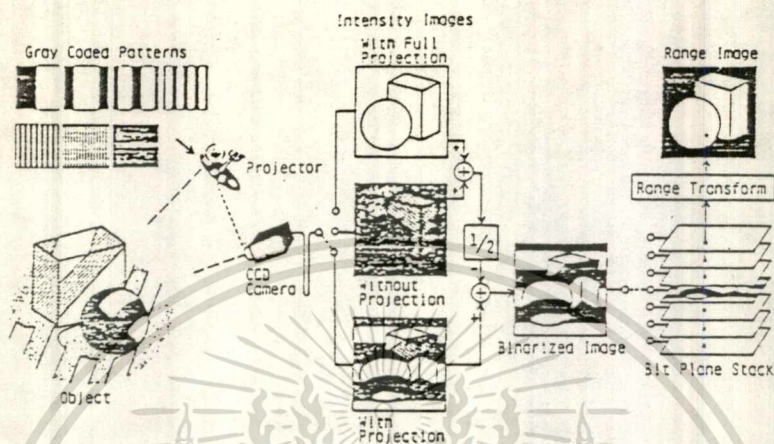
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้ารหัสเป็นการที่แทนจุดภาพของวัตถุทุกจุด ด้วยรหัสของ Patterns จำนวน  $n$  แฉ่น จะสามารถเข้ารหัสได้ เท่ากับ  $2^n$  ค่า คือจุดภาพต่างๆ สามารถมีค่าได้ตั้งแต่  $0 - 2^n$  ตัวอย่าง ในภาพที่ 6-2 ถ้าเราใช้ Pattern รหัส Binary จำนวน 3 แฉ่น จุดต่างๆ ของวัตถุจะถูกแทน ได้ด้วยค่า  $0 - 8$  ซึ่งขึ้นอยู่กับแสงที่ฉายจากเครื่องฉายสไลด์ผ่าน Pattern มายังวัตถุนั้น ถ้าแสง ฉายผ่านแถบดำของ Pattern จะถูกเข้ารหัสเป็น "0" แต่ถ้าแสงฉายผ่านแถบสว่างของ Pattern จะ ถูกเข้ารหัสเป็น "1" เช่นจุด P ในภาพที่ 6-2 Pattern แฉ่นแรก คือ Pattern A จุด P จะถูก แทนด้วยรหัส "1" เนื่องจากแสงที่ ฉายจากเครื่องฉายสไลด์มายัง จุด P นั้น เป็นแสงที่ผ่าน แถบสว่างของ Pattern A ซึ่งบิตนี้จะถูกกำหนดให้เป็นบิตที่มีอันดับความสำคัญสูงสุด (MSB) และ Pattern แฉ่นที่สอง คือ Pattern B จุด P จะถูกแทนด้วย รหัส "0" เนื่องจาก แสงที่ ฉายจากเครื่องฉายสไลด์มายังจุด P นั้น เป็นแสงที่ผ่านแถบดำของ Pattern B เช่นเดียวกัน ใน Pattern แฉ่นที่สาม คือ Pattern C จุด P จะถูกแทนค่าด้วย "1" ซึ่งบิตนี้จะถูก กำหนดให้เป็นบิตที่มีอันดับความสำคัญต่ำสุด (LSB) ฉะนั้น จุด P จะถูกเข้ารหัสจาก Pattern ทั้งสามแฉ่นเป็น รหัส "101"

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การใช้ Pattern รหัส Binary จะเกิดปัญหาความกำกวม ในการ เข้ารหัส คือถ้าแฉ่นใดแฉ่นหนึ่งเกิดการเคลื่อนที่ไปจะทำให้มีการเข้ารหัสผิดพลาด ตัวอย่าง ในภาพที่ 6-2 จุด Q จะถูกเข้ารหัส "011" ถ้าหากว่า Pattern A ซึ่งเป็น Pattern ที่มีอันดับ ความสำคัญสูงสุดเกิดการเคลื่อนที่ไปทางด้านขวาหนึ่งตำแหน่ง จุด Q ก็จะถูกเข้ารหัสเป็น "111" แทน ซึ่งจะเป็นผลให้การคำนวณหาค่า Range เกิดการผิดพลาดได้ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดจากการเข้ารหัสโดยการใช้ Pattern รหัส Binary จึงได้มีการนำ Pattern รหัส Gray - Code มาใช้ในการเข้ารหัสแทน เนื่องจาก รหัส Gray-Code จะมีคุณสมบัติที่ว่าค่าสองค่าที่อยู่ติดกันจะมีบิตต่างกันเพียงหนึ่งบิตเท่านั้น ทำให้ลดความกำกวมในการ เข้ารหัส โดยความกำกวมจะเกิดขึ้นเฉพาะ Pattern แฉ่นสุดท้ายเท่านั้น ซึ่งในการเข้ารหัส บิตที่ได้จากการเข้ารหัส ของ Pattern แฉ่นสุดท้าย จะถูกเข้ารหัสเป็นบิต ที่มีอันดับความสำคัญ ต่ำสุด ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ก็จะมีค่าน้อยกว่าความผิดพลาดที่เกิดจากการเข้ารหัสโดยการใช้ Pattern รหัส Binary

## กระบวนการในการหา Range Image



รูปที่ 6-4 แสดงขบวนการในการหา Range Image

จากรูป 6-4 ซึ่งแสดงขบวนการในการหา Range Image โดยขั้นแรกภาพ Image 2 ภาพ จะถูกนำมาเก็บไว้ใน Memory ซึ่งภาพแรกจะเก็บภาพที่ไม่มีการฉายแสง ส่วนภาพที่ 2 จะเก็บภาพที่มีการฉายแสงโดยที่ไม่มี Pattern กัน ทั้งสองภาพจะถูกนำมารวมกันแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นภาพ Image อ่างอิง ที่จะนำไปเปรียบเทียบกับ Image ที่เกิดจากการฉายแสงผ่าน Pattern ต่าง ๆ จำนวน 8 Pattern ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบนี้จะทำให้ได้ Binarized Image ซึ่งเป็นภาพขาวดำจำนวน 8 ภาพ

ในการเข้ารหัส โดยอาศัย Pattern ของ Gray Code ข้อมูลของจุดภาพ จะได้มาจาก ภาพ Binarized Image ทั้ง 8 ภาพนั้น ณ ตำแหน่ง pixel เดียวกัน Pattern ของ Gray Code จำนวน  $n$  แผ่นจะทำให้ตำแหน่งต่างๆของ Range Image มีค่า Vary ได้  $2^n$  ค่า ซึ่งการทำปริญญาณิพนธ์นี้ ได้ใช้ Pattern จำนวน 8 แผ่น ทำให้แต่ละจุด Pixel ซึ่งหมายถึง ที่จุดใดๆ ของ Range Image จะมีค่า Vary ได้ 256 ค่า (คือมีค่าตั้งแต่ 0 - 255 ค่า)

Range Image นี้ จะหาได้จากการคำนวณ โดยใช้วิธีการคำนวณทางเรขาคณิตของสามเหลี่ยม ในการคำนวณนี้จะอาศัย Computer ช่วยในการคำนวณ

ในการประมวลผลของ Computer ทั่วไป ข้อมูลที่จะนำมาประมวลผลจะต้องเป็นข้อมูลแบบ Binary ดังนั้น ก่อนที่จะนำข้อมูลที่เกิดจากการเข้ารหัสโดย Gray-Code Patterns ไปประมวลผล จึงต้องทำการแปลงข้อมูลจากรหัส Gray-Code เป็น Binary-Code เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณ ตำแหน่ง Pixel เดียวกันของ Binarized Image ของ Gray-Coded Pattern ทั้ง 8 จะถูกนำไปแปลงจาก Gray-Code ไปเป็น Binary-Code เพื่อที่จะนำไปหา Range Image ต่อไป  
**วิธีการแปลงจาก Gray-Code เป็น Binary-Code**

สำหรับการแปลง Gray-Code มาเป็น Binary-Code สามารถทำได้โดย หลักแรกของเลขฐานสอง จะเหมือนหลักแรกของรหัสแบบ Gray ส่วนหลักถัดไปก็นำเลขฐานสอง ที่ได้มา EXCLUSIVE OR กับ เลขรหัสแบบ Gray หลักต่อไปจนครบทุกบิต แสดงได้ดังสมการ

$$B_{n-1} = G_{n-1} \quad \text{MSB,}$$

$$B_i = B_{i+1} \oplus G_i \quad i = 0, 1, \dots, n-2$$

เมื่อ B คือ bit อันดับที่ n ใน Plane ของ Binary Image

G คือ bit อันดับที่ n ใน Plane ของ Gray-Coded Image

@ คือ การกระทำทาง EXCLUSIVE OR

Binary Image B(I,J) จะได้มาจากการแปลงทุกๆ จุด Pixel ของ Image ที่เกิดจากการเข้ารหัสของ Gray-Code ตัวอย่างการแปลงจาก Gray Code มาเป็น Binary Code แสดงดังในตาราง

| เลขฐาน 10 | Gray Code | Binary Code |
|-----------|-----------|-------------|
| 0         | 0000      | 0000        |
| 1         | 0001      | 0001        |
| 2         | 0011      | 0010        |
| 3         | 0010      | 0011        |
| 4         | 0110      | 0100        |
| 5         | 0111      | 0101        |
| 7         | 0100      | 0111        |
| 8         | 1111      | 1000        |
| 9         | 1110      | 1001        |
| 10        | 1101      | 1010        |

## การแปลงเพื่อให้ได้ข้อมูลในพิกัดของ Cartesian ณ จุดภาพต่างๆ ของวัตถุ

Binary Image  $B(I,J)$  เป็น Image ที่เกิดจากการเข้ารหัส โดยค่าของแต่ละ Pixel ก็คือ ตำแหน่งต่างๆ บน Pattern

พิกัด Cartesian  $(X,Y,Z)$  จะหาได้จาก

$$Z = D / [\tan \theta - \tan(\phi - \phi_0)]$$

$$X = Z * \tan \delta$$

$$Y = Z * \tan \theta$$

โดยที่  $\phi, \delta, \theta$  แสดงอยู่ในรูปที่ 6-2



## บทที่ 7

### ขั้นตอนการคำนวณหาระยะทาง

เนื่องจากกล้องที่ใช้ในการเก็บภาพไม่สามารถเก็บภาพวัตถุที่อยู่ในระยะทางไกลๆ ได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องวางกล้องให้อยู่ใกล้ ๆ วัตถุ เพื่อให้ได้ภาพที่มีความคมชัดมากที่สุด ทำให้สูตรการคำนวณหาระยะทางในแนวแกน X , Y และ Z จึงเปลี่ยนไป โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1. จัดกล้องและ Projector ให้มีตำแหน่งและมุมมองที่เหมาะสม เพื่อให้ภาพที่เก็บมีความคมชัดมากที่สุด โดยให้กล้องอยู่ข้างหน้า ( เลยม้าข้างหน้า ) Projector เป็นระยะ = 495 mm และให้ตั้งกล้องสูงกว่า Projector เป็นระยะ = 980 mm

2. หาค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณ

จากรูป 7-1 ค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ สามารถหาได้ดังนี้

2.1 โดยทำการวัด

- มุมกล้อง ( $\phi_1$ ) โดยทำการวัดว่า เส้นศูนย์กลางของกล้องทำมุมกับพื้นระนาบเท่าไร กำหนดให้เป็นมุม  $\phi_1$
- มุม Projector ( $\phi_2$ ) โดยทำการวัดว่า เส้นศูนย์กลางของ Projector ทำมุมกับพื้นระนาบเท่าไร กำหนดให้เป็นมุม  $\phi_2$
- ระยะทางระหว่างกล้องกับ Projector ในแนวนอน ( $D_1$ ) โดยทำการวัดระยะห่างในแนวนอนระหว่างกึ่งกลางหลอดไฟของ Projector กับ กึ่งกลางเลนส์ของกล้อง
- ระยะทางระหว่างกล้องกับ Projector ในแนวตั้ง ( $D_2$ ) โดยทำการวัดระยะห่างในแนวตั้งระหว่างกึ่งกลางหลอดไฟของ Projector กับ กึ่งกลางเลนส์ของกล้อง

2.2 คำนวณหาค่าคงที่ที่ใช้

- D จาก

$$D = [(D_1)^2 + (D_2)^2]^{1/2}$$

-  $\phi_0$  จาก

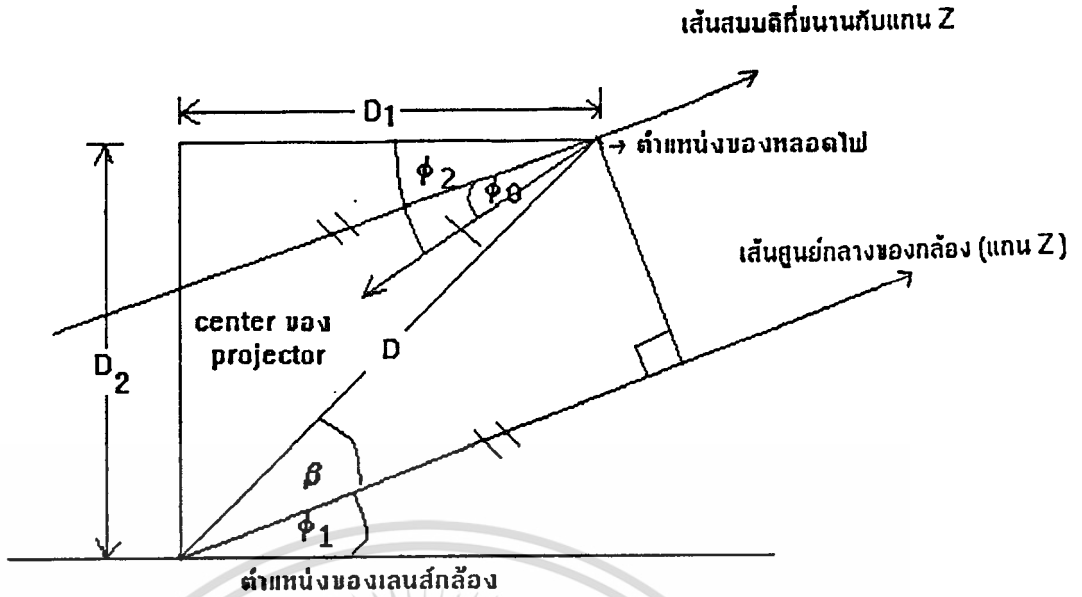
$$\phi_0 = \phi_2 - \phi_1$$

-  $\beta$  จาก

$$D_1 / D_2 = \tan (90^\circ - \phi_1 - \beta)$$

$$\beta = 90^\circ - \phi_1 - \tan^{-1} (D_1 / D_2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

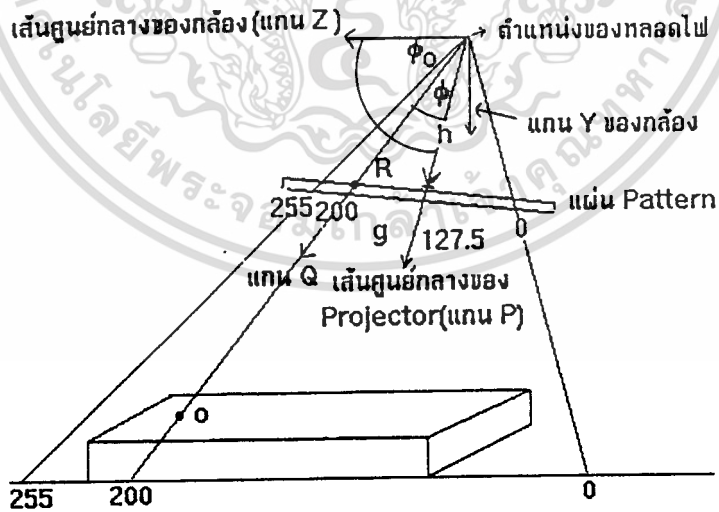


รูปที่ 7-1 แสดงวิธีในการหาค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณ(จากความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของกล้องและตำแหน่งของ Projector )

3. คำนวณหาค่า มุม ต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงค่าไปตามจุดวัตถุที่สนใจ

3.1 จากรูป 7-2 คำนวณหาค่า มุม  $\phi$  ( มุมระหว่างแกน P กับ แกน Q )

โดย กำหนดให้แกน P ในรูป เป็นแกนที่เชื่อมระหว่างจุดศูนย์กลางของหลอดไฟของ Projector กับ กึ่งกลางของ Pattern



รูปที่ 7-2 แสดงวิธีในการหามุม  $\phi$

และ จากรูป 7.2 วัตถุจะถูกเข้ารหัสโดยแผ่น Pattern ทำให้จุดวัตถุมีค่าได้ตั้งแต่ 0 - 255 แกน Q ในรูป สามารถหาได้จากการที่เราทราบว่าจุดวัตถุที่เราพิจารณาถูกเข้ารหัสด้วยค่าเท่ากับเท่าไร เช่นจุด O ในภาพถูกเข้ารหัสด้วยค่าเท่ากับ 200 แกน Q ก็จะเป็นแกนที่เชื่อมจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์กลางของหลอดไฟของ Projector กับ Pattern ตรงตำแหน่งที่มีค่าเท่ากับ 200 ( คือจุด R ในรูป 7.2 )

ดังนั้น สามารถคำนวณหามุม  $\phi$  ได้ดังนี้

$$\phi = \tan^{-1} (g / h)$$

เราจะหามุม  $\phi$  ได้ ต้องรู้ระยะ g ก่อน โดยระยะ g สามารถหาได้จากการที่เรารู้ว่า Pattern มี Scale เท่าใด และถ้าเรารู้ว่าจุดวัตถุที่เราพิจารณามี data ( ข้อมูลที่เกิดจากการเข้ารหัส และ แปลงเป็น Binary แล้ว ซึ่งจะมีค่าได้ตั้งแต่ 0 - 255 ดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 6 ) เท่าใดแล้ว เราก็จะสามารถหาได้ว่า g มีค่าเท่าใดโดยค่าที่กึ่งกลาง Pattern จะมีค่า data = 127.50 ( Pattern มี data อยู่ในช่วง 0 ถึง 255 )

ดังนั้น

$$g = (data - 127.50) * Scale$$

โดยที่

Scale ใช้เพื่อแปลงระยะ g ให้มีหน่วยเป็น mm คำนวณได้จาก

$$Scale = (ขนาดของ Pattern) / (255)$$

โดย ขนาดของ Pattern ได้จากการวัด ( วัดจากขอบ Pattern ด้านหนึ่งถึงขอบ Pattern อีกด้านหนึ่งที่อยู่ด้านตรงข้าม ) ซึ่งในการทดลองได้ใช้ Pattern ขนาด 25.5 mm ดังนั้น

$$Scale = (25.5) / (255) = 0.1 \text{ mm}$$

ดังนั้น

$$\phi = \tan^{-1} ( (data - 127.50) * Scale ) / h )$$

โดยที่

h = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางหลอดไฟของ Projector กับ

แผ่น Pattern

3.2 จากรูป 7-3 คำนวณหามุม  $\theta$  ( มุมระหว่างเส้นศูนย์กลางของกล้อง ( แกน Z )

กับ แกน A )

และ มุม  $\delta$  ( มุมระหว่างเส้นศูนย์กลางของกล้อง ( แกน Z ) กับ แกน B )

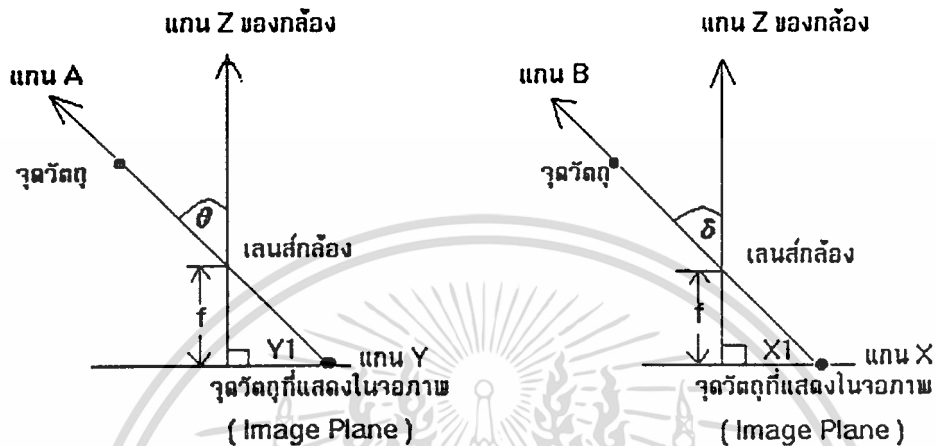
โดยกำหนดให้ แกน A เป็นแกนที่เชื่อมระหว่างเลนส์มายังจุดวัตถุในระนาบ ZY

ของกล้อง

และ แกน B เป็นแกนที่เชื่อมระหว่างเลนส์มายังจุดวัตถุในระนาบ ZX ของกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น สามารถคำนวณหามุม  $\theta$  และมุม  $\delta$  ได้ดังนี้



รูป 7-3 แสดงวิธีในการคำนวณหา มุม  $\theta$  และมุม  $\delta$

$$\theta = \tan^{-1}(y1 / f)$$

$$\delta = \tan^{-1}(x1 / f)$$

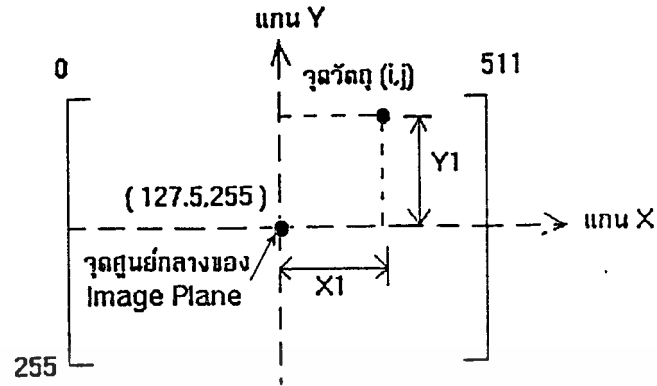
โดยที่  $f$  = focal length ของกล้อง

focal length ของกล้อง หาได้จากคู่มือการใช้กล้อง ซึ่งในการทดลองกล้องที่ใช้มี

focal length = 2.8 mm

จากรูป 7-4 เราสามารถหา  $y1$  และ  $x1$  ได้จากการที่เราทราบว่าจุดวัตถุที่เราพิจารณานั้น อยู่ในตำแหน่งใดบน Image Plane ของกล้องคือ มีค่า  $i, j$  เท่ากับเท่าใด (Image Plane ของกล้องที่ใช้ ในการทดลอง มีจำนวนจุด = 256 \* 512 จุด ดังนั้น ที่จุดกึ่งกลางของ Image จะมีค่า  $i = 127.50$  และ  $j = 255.50$ )

ถ้าเรารู้ค่า  $i, j$  ของจุดวัตถุ ที่เราพิจารณาแล้วจะทำให้เราทราบได้ว่าจุดวัตถุที่พิจารณานั้นอยู่ห่างจาก จุดศูนย์กลางของ Image Plane เท่ากับกี่จุดทั้งในแนวแกน X และ แกน Y ซึ่งถ้าเราต้องการหาระยะทางที่แท้จริง ( ที่มีหน่วยเป็น mm ) ระหว่างจุดวัตถุที่พิจารณากับจุดศูนย์กลางของ Image Plane ภาพในแนวแกน X และ แกน Y แล้วจะสามารถหาได้ดังนี้



รูป 7-4 แสดงวิธีในการคำนวณหา  $y_1$  และ  $x_1$

$$y_1 = (127.50 - i) * \text{Scale}_y$$

$$x_1 = (j - 255.50) * \text{Scale}_x$$

โดยที่  $\text{Scale}_x$  ใช้เพื่อแปลงระยะ  $x_1$  ให้มีหน่วยเป็น mm และ  $\text{Scale}_y$  ใช้เพื่อแปลงระยะ  $y_1$  ให้มีหน่วยเป็น mm

โดย  $\text{Scale}_x$  และ  $\text{Scale}_y$  คำนวณได้จาก

$$\text{Scale}_x = (\text{ขนาด Image Size ของกล้อง ในแนวนอน}) / (511)$$

$$\text{Scale}_y = (\text{ขนาด Image Size ของกล้อง ในแนวตั้ง}) / (255)$$

ขนาด Image Size ของกล้อง หาได้จากคู่มือการใช้งานกล้อง ซึ่งในการทดลองกล้องที่ใช้มี

ขนาด Image Size ในแนวนอน = 9.2 mm และ

ขนาด Image Size ในแนวตั้ง = 2.6 mm

ดังนั้น

$$\text{Scale}_x = (9.2) / (511) = 0.018 \text{ mm}$$

$$\text{Scale}_y = (2.6) / (255) = 0.010 \text{ mm}$$

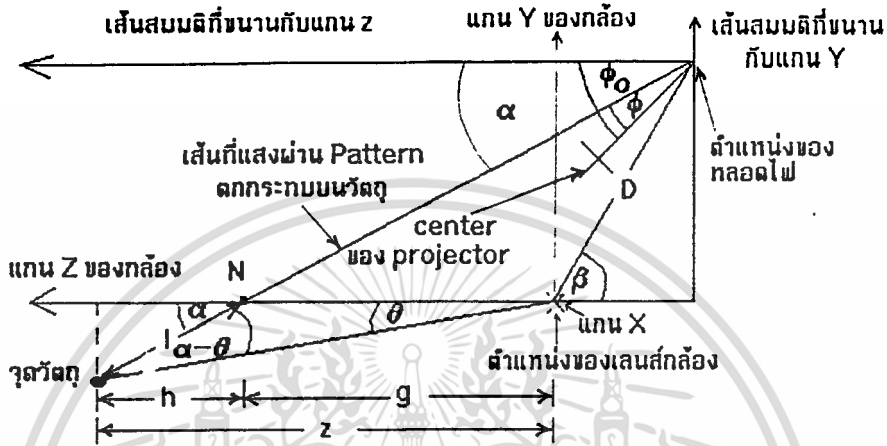
ดังนั้น

$$\theta = \frac{\text{Tan}^{-1} (127.50 - i) * \text{Scale}_y}{f}$$

$$\delta = \frac{\text{Tan}^{-1} (j - 255.50) * \text{Scale}_x}{f}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4. หา Z ( ระยะทางระหว่างจุดวัตถุกับกล้องในแนวเส้นศูนย์กลางของกล้อง ( แกน Z ) )
  - 4.1 เมื่อจุดวัตถุที่สนใจอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าเส้นศูนย์กลางของกล้อง ( แกน Z )



- \* โดยคำนวณที่ระนาบ YZ
  - \* เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณและมอง จึงทำการหมุนเส้นศูนย์กลางของกล้อง ( แกน Z ขึ้นมา 14 องศา (  $\phi_1$  )
  - \* เส้นศูนย์กลางของ Projector ในรูป 7-5 มีไว้เป็นตัวอ้างอิงจึงไม่สัมพันธ์กับจุดวัตถุ
- รูป 7-5 แสดงวิธีในการคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดวัตถุกับกล้องในแนวแกน Z ของกล้อง ในกรณีที่จุดวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าแกน Z ของกล้อง

โดยที่  $D, \phi_0, \beta$  เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 2.2

$\phi$  เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3.1

$\theta$  เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3.2

$g$  เป็นระยะทางจากจุดศูนย์กลางเลนส์กล้องถึงจุดตัดของเส้นที่แสงผ่าน Pattern ตกกระทบบนวัตถุกับเส้นศูนย์กลางของกล้อง ( จุด N )

$h$  เป็นระยะทางจากจุดวัตถุถึงจุดตัดของเส้นที่แสงผ่าน Pattern ตกกระทบบนวัตถุกับเส้นศูนย์กลางของกล้อง ( จุด N ) ในแนวเส้นศูนย์กลางของกล้อง ( แกน Z )

จากรูป 7-5 ให้

$$\alpha = \phi_0 - \phi$$

และ  $z = g + h$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดยที่  $D, \phi_0, \beta$  เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 2.2

$\phi$  เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3.1

$\theta$  เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3.2

$z$  เป็นระยะทางจากจุดศูนย์กลางของเลนส์กล้องถึงวัตถุในแนวเส้น  
ศูนย์กลางของกล้อง ( แกน Z )

จากรูป 7-6 ให้

$$\alpha = \phi_0 - \phi$$

ดังนั้น

$$(D) / \{ \sin(\alpha + \theta) \} = (1) / \{ \sin(\beta - \alpha) \}$$

$$1 = \{ D \cdot \sin(\beta - \alpha) \} / \{ \sin(\alpha + \theta) \}$$

$$z = 1 \cdot \cos \theta$$

$$z = \{ D \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot \cos \theta \} / \{ \sin \alpha \cdot \cos \theta + \cos \alpha \cdot \sin \theta \}$$

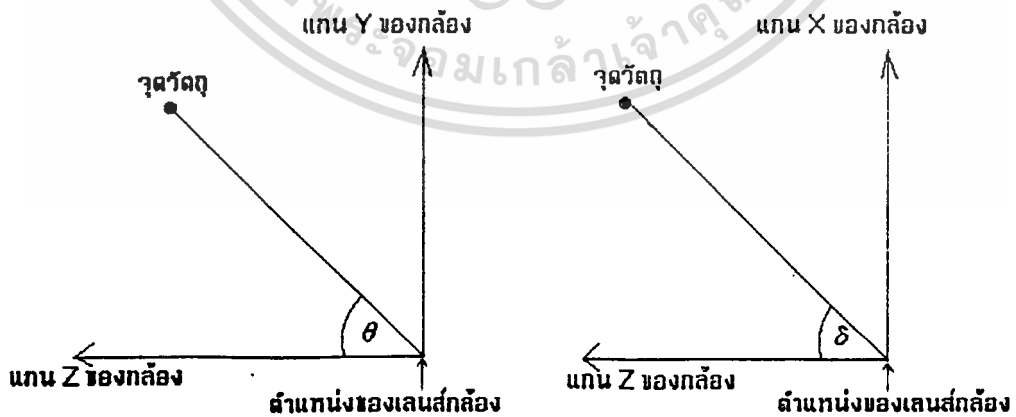
$$z = \{ D \cdot \sin(\beta - \alpha) \} / \{ \sin \alpha + \tan \theta \cdot \cos \alpha \}$$

$$z = \{ D \cdot \sin(\beta - \alpha) \} / \{ \sin \alpha \{ 1 + (\tan \theta) / (\tan \alpha) \} \}$$

$$z = \{ D \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot \tan \alpha \} / \{ \sin \alpha \cdot (\tan \theta - \tan \alpha) \}$$

5. หา Y (ระยะทางระหว่างจุดวัตถุกับกล้องในแนวแกน Y)

หา X (ระยะทางระหว่างจุดวัตถุกับกล้องในแนวแกน X)



\* แกน X, Y, Z ของกล้องไม่ได้ขนานกับแกน X, Y, Z ของความเป็นจริง

**รูปที่ 7-7 แสดงวิธีในการคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดวัตถุกับกล้องในแนวแกน Y และ**

**แกน X ของกล้อง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $Z$  เป็นระยะทางที่คำนวณได้ในข้อที่ 4

$\theta, \delta$  เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3.2

จากข้อ 4 เมื่อทราบระยะทาง  $Z$  สามารถนำมาหาค่า  $X, Y$  ได้ดังนี้  
จากรูป 7-7 ได้

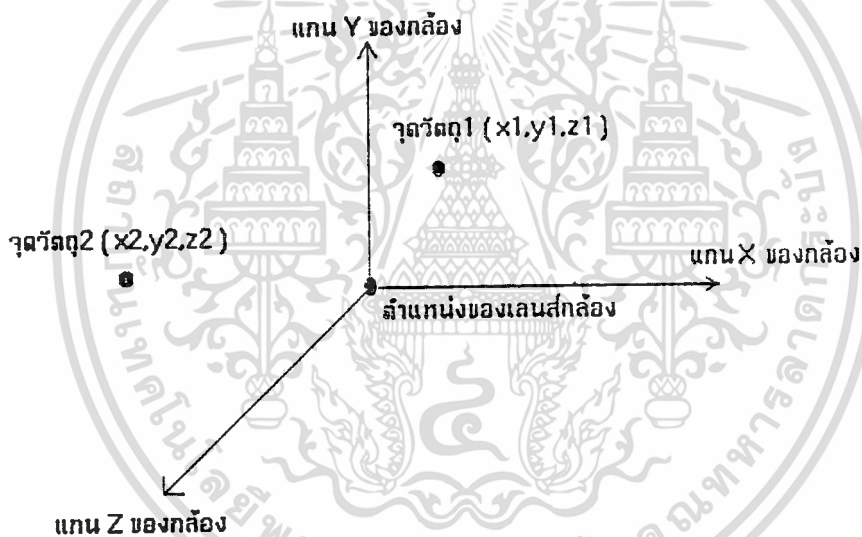
$$Y = Z * \tan \theta$$

$$X = Z * \tan \delta$$

6. หา Range ( ระยะทางระหว่างจุดวัตถุกับกล้อง )

$$\text{Range} = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2}$$

7. การคำนวณหาระยะห่างระหว่างจุดวัตถุ 2 จุด



รูปที่ 7-8 แสดงวิธีการคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดวัตถุ 2 จุด

จากข้อ 4 และข้อ 5 จะทำให้ทราบว่าจุดวัตถุอยู่ห่างจากกล้องในแนวแกน  $x$ , แกน  $y$  และแกน  $z$  ของกล้องเท่าใด ดังรูปที่ 7-8 จุดวัตถุที่ 1 อยู่ห่างจากกล้องในแนวแกน  $x = x_1$ , แกน  $y = y_1$  และแกน  $z = z_1$  จุดวัตถุที่ 2 อยู่ห่างจากกล้องในแนวแกน  $x = x_2$ , แกน  $y = y_2$  และแกน  $z = z_2$  ดังนั้นสามารถหาระยะห่างระหว่างจุดวัตถุ 2 จุด ได้จาก

$$\text{ระยะห่างระหว่างจุดวัตถุ 2 จุด} = [ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 ]^{1/2}$$

\* อย่างไรก็ตามในปริญญาบัตรฉบับนี้ยังไม่ได้เขียนโปรแกรมการคำนวณตรงส่วนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง**  
จากการทดลองได้ใช้

$$\text{มุมกล้อง } (\phi_1) = 14 \text{ องศา}$$

$$\text{มุมProject } (\phi_2) = 47 \text{ องศา}$$

$$D1 = 495 \text{ mm}$$

$$D2 = 980 \text{ mm}$$

$$\text{ขนาดของ Pattern} = 25.5 \text{ mm}$$

$$\text{ขนาด Image Size ของกล้องในแนวนอน} = 9.2 \text{ mm}$$

$$\text{ขนาด Image Size ของกล้องในแนวตั้ง} = 2.6 \text{ mm}$$

$$\text{ระยะห่างระหว่างหลอดไฟของ Projector กับกึ่งกลางของแผ่น Pattern } (h) \\ = 150 \text{ mm}$$

ดังนั้นจึงคำนวณหาค่าต่างๆที่ใช้เป็นค่าคงที่ได้ดังนี้

$$D = (495^2 + 980^2)^{1/2} = 1098$$

$$\phi_0 = 47 - 14$$

$$= 33 \text{ องศา}$$

$$= 0.576 \text{ เรเดียน}$$

$$\beta = [90 - 14 - \{ \tan^{-1}(495/980) \}]$$

$$= 49.2 \text{ องศา}$$

$$= 0.858 \text{ เรเดียน}$$

$$\text{Scalep} = (25.5/255) = 0.1 \text{ mm}$$

$$\text{Scalex} = (9.2/511) = 0.018 \text{ mm}$$

$$\text{Scaley} = (2.6/255) = 0.010 \text{ mm}$$

$$f = 2.8 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 8

### การทดลอง

#### ขั้นตอนการทดลอง

จากการทดลองได้ทำการรับภาพวัตถุต่างๆเข้ามาโดยใช้กล้องโทรทรรศน์วงจรถัดแล้วทำการแปลงสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามาให้เป็นสัญญาณ Digital โดยใช้การ์ด Digitizer ภาพที่เก็บจะเป็นภาพที่มีขนาด 256\*512 ภาพ และมีระดับความเข้ม 256 ระดับ

ในการเก็บภาพนั้นภาพที่เก็บทุกภาพควรที่จะมีความคมชัด ซึ่งองค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้ภาพเกิดความคมชัดก็คือแสงและฉาก

- แสง ควรจะใช้แสงที่มีความสว่างพอเหมาะ ไม่ควรใช้แสงที่มีความสว่างมากหรือน้อยเกินไปเพราะจะทำให้ภาพที่เก็บเกิดความพร่ามัวไม่ชัดเจน และไม่สามารถมองเห็นลายเส้น Pattern ได้

- ฉาก เนื่องจากในการทดลองแสงจากเครื่องฉายสไลด์มีความสว่างมาก ทำให้ได้ภาพที่ไม่ชัดเจน เพื่อที่จะลดปัญหาความสว่างของแสงทำให้ต้องใช้วัตถุที่ดูดกลืนแสงและฉากที่สะท้อนแสงได้ดี ในการทดลองจึงได้ใช้วัตถุสีเทาและฉากสีขาว ซึ่งทำให้ภาพที่เก็บนั้นมีความคมชัดมากขึ้น

ในการเก็บภาพจะทำการเก็บทั้งหมด 10 ภาพ โดยภาพแรกจะเป็นภาพที่ไม่มีการฉายแสงจาก Projector ( ใช้แสงสว่างที่มีอยู่ภายในห้อง ไฟเปิดปกติทุกดวง ) ภาพที่ 2 จะเป็นภาพที่เกิดจากการฉายแสงไปยังวัตถุอย่างเต็มที่ ( ใช้สไลด์ที่ไม่มีลายเส้น Pattern เพื่อการกรองแสงในระดับหนึ่ง เพราะถ้าไม่ใส่สไลด์แสงจะจ้ามากทำให้การคำนวณที่ได้มีความผิดพลาดสูง ) ส่วนภาพที่ 3-10 จะเป็นภาพที่เกิดจากการฉายแสงไปยังวัตถุโดยมีแผ่น Gray Code Pattern กั้น

#### การหาภาพ Binary มี 2 วิธี

- 1 วิธีการใช้ภาพอ้างอิง ซึ่งวิธีนี้จะใช้ภาพ 10 ภาพ คือ ภาพ 1-10
- 2 วิธีการตัดค่า Threshold ซึ่งจะใช้ภาพ 8 ภาพ คือภาพ 3-10

1 วิธีการใช้ภาพอ้างอิง การคำนวณโดยใช้วิธีนี้ จะนำข้อมูลของภาพที่ 1 และภาพที่ 2 มาหาค่าเฉลี่ยโดยการเอาข้อมูลทั้ง 2 ภาพ มาบวกกันแล้วหาร 2 เพื่อเอาค่าเฉลี่ยนี้ไปเทียบกับข้อมูลของภาพ 3-10 ถ้าข้อมูลของภาพ 3-10 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยนี้ ก็จะกำหนดให้ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 1 แต่ถ้าข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ก็จะกำหนดให้ข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0

2 วิธีการตัดค่า Threshold ภาพที่มีการฉายแสงผ่าน Pattern ทั้ง 8 ภาพจะมีระดับความเข้ม 256 ระดับ วิธีนี้จะต้องทำการหารระดับความเข้มที่อยู่ระหว่างความเข้มที่เป็นสีขาวและความเข้มที่เป็นสีดำ ซึ่งถ้าข้อมูลของภาพ 3-10 มีค่าสูงกว่าค่าระดับความเข้มนี้ ก็จะกำหนดให้ข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 1 แต่ถ้าข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าระดับความเข้มนี้ ก็จะกำหนดให้ข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0

จากวิธีการใช้ภาพอ้างอิงหรือวิธีการใช้การตัดค่า Threshold จะทำให้ได้ภาพข้อมูลที่มีระดับความเข้มเพียง 2 ระดับ คือ ขาว กับ ดำ (Binary Image) จำนวน 8 ภาพ ซึ่งภาพทั้ง 8 ภาพจะถูกนำไปทำการเข้ารหัสเพื่อหาภาพ Range และ ระยะทางต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

ในการทดลอง ได้ทำการเก็บภาพ 2 ชุด โดย ภาพชุดแรกจะเป็นภาพวัตถุๆ เดียว ส่วน ภาพชุดที่ 2 จะเป็นภาพวัตถุ 2 วัตถุ โดย

รูปที่ 1 จะเป็นรูปที่แสดงภาพวัตถุที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 2 จะเป็นรูปที่แสดงภาพที่ใช้ในการอ้างอิง

2-a จะเป็นรูปที่แสดงภาพที่เกิดจากการฉายแสงไปยังวัตถุอย่างเต็มที่

2-b จะเป็นรูปที่แสดงภาพที่ไม่มีการฉายแสง

รูปที่ 3a - 3h จะเป็นรูปที่แสดงภาพที่เกิดจากการฉายแสงไปยังวัตถุโดยที่มีแผ่น Pattern กั้น ( Gray Image )

รูปที่ 3a' - 3h' จะเป็นรูปที่แสดงภาพ Binary ( โดยการใช้วิธีการใช้ภาพอ้างอิง ) ที่เกิดจากการนำ ภาพ 3a - 3h ไปทำการเปรียบเทียบกับภาพ 2

รูปที่ 3a'' - 3h'' จะเป็นรูปที่แสดงภาพ Binary ( โดยการใช้วิธีการตัดค่า Threshold ) ที่เกิดจากการตัดค่า Threshold

รูปที่ 4a จะเป็นรูปที่แสดงภาพที่เกิดจากการนำภาพ 3a' - 3h' ไปทำการประมวล ( Range Image )

รูปที่ 4b จะเป็นรูปที่แสดงภาพที่เกิดจากการนำภาพ 3a'' - 3h'' ไปทำการประมวล ( Range Image )

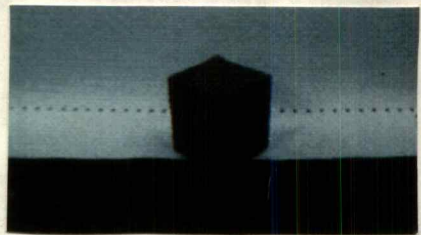
ภาพชุดที่ 1 ภาพวัตถุ 1 วัตถุ



รูปที่ 1 ภาพวัตถุที่ใช้ในการทดลอง

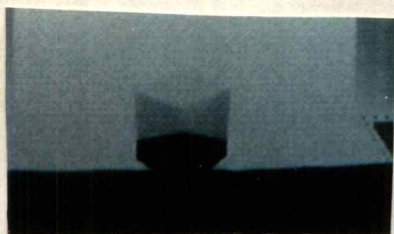


รูปที่ 2-a ภาพวัตถุที่ถูกฉายแสง

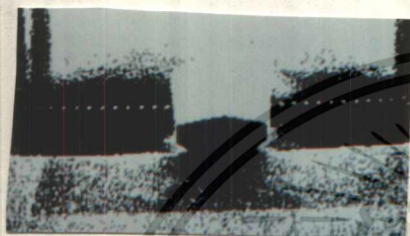


รูปที่ 2-b ภาพวัตถุที่ไม่มีการฉายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3a Gray Image ของ Pattern 1



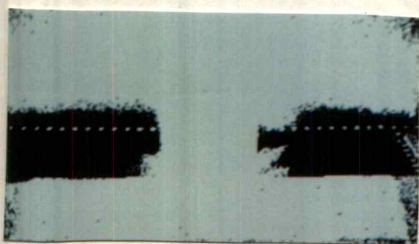
รูปที่ 3a' Binary Image ของ Pattern 1  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



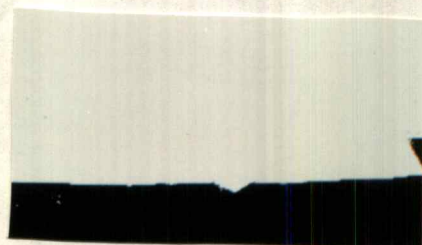
รูปที่ 3a'' Binary Image ของ Pattern 1  
( วิธีการตัดค่า Thresold )



รูปที่ 3b Gray Image ของ Pattern 2

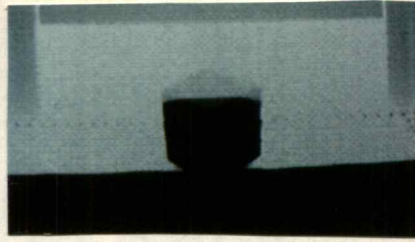


รูปที่ 3b' Binary Image ของ Pattern 2  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )

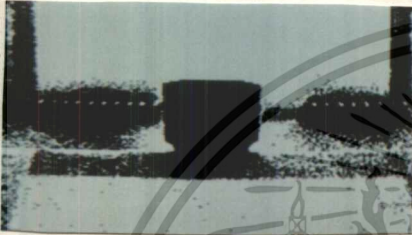


รูปที่ 3b'' Binary Image ของ Pattern 2  
( วิธีการตัดค่า Thresold )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3c Gray Image ของ Pattern 3



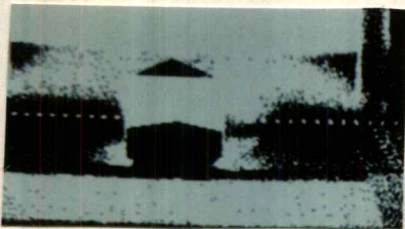
รูปที่ 3c' Binary Image ของ Pattern 3  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



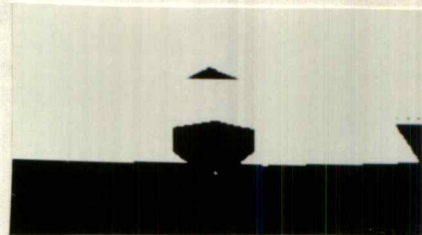
รูปที่ 3c'' Binary Image ของ Pattern 3  
( วิธีการตัดค่า Thresold )



รูปที่ 3d Gray Image ของ Pattern 4

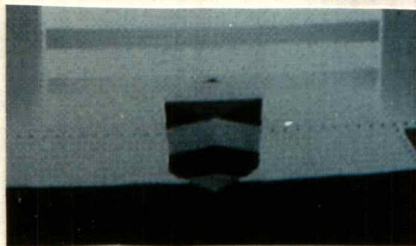


รูปที่ 3d' Binary Image ของ Pattern 4  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



รูปที่ 3d'' Binary Image ของ Pattern 4  
( วิธีการตัดค่า Thresold )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3e Gray Image ของ Pattern 5



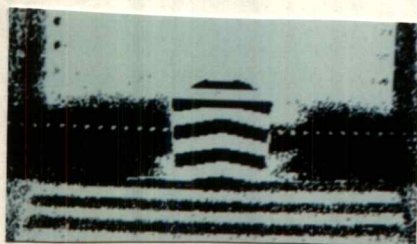
รูปที่ 3e' Binary Image ของ Pattern 5  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



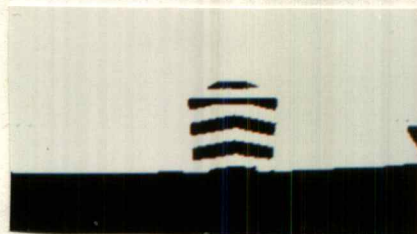
รูปที่ 3e'' Binary Image ของ Pattern 5  
( วิธีการตัดค่า Thresold )



รูปที่ 3f Gray Image ของ Pattern 6

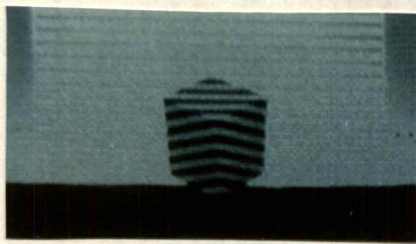


รูปที่ 3f' Binary Image ของ Pattern 6  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )

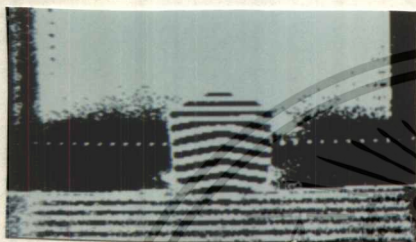


รูปที่ 3f'' Binary Image ของ Pattern 6  
( วิธีการตัดค่า Thresold )

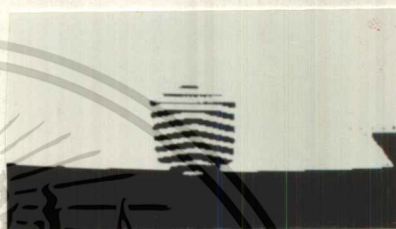
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3g Gray Image ของ Pattern 7



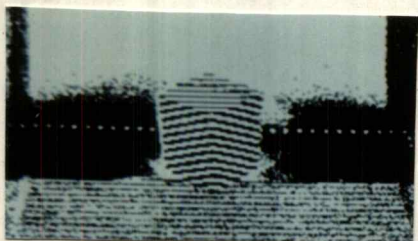
รูปที่ 3g' Binary Image ของ Pattern 7  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



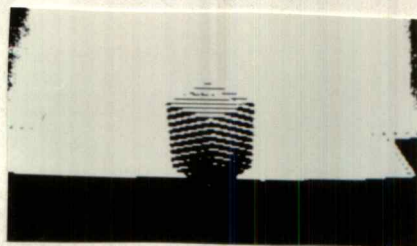
รูปที่ 3g'' Binary Image ของ Pattern 7  
( วิธีการตัดค่า Threshold )



รูปที่ 3h Gray Image ของ Pattern 8

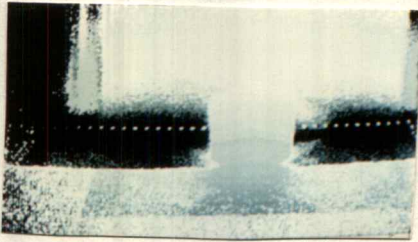


รูปที่ 3h' Binary Image ของ Pattern 8  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )

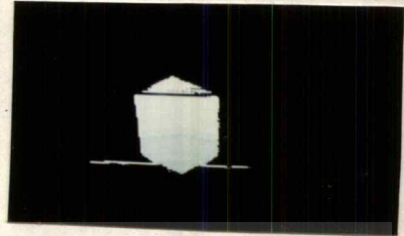


รูปที่ 3h'' Binary Image ของ Pattern 8  
( วิธีการตัดค่า Threshold )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4a Range Image  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



รูปที่ 4b Range Image  
( วิธีการตัดค่า Thresold )

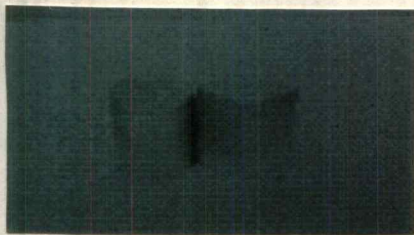


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

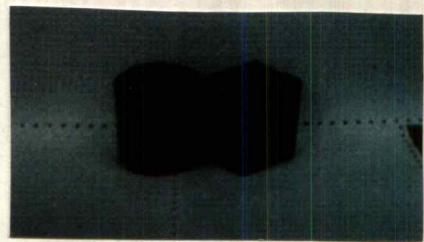
ภาพชุดที่ 2 ภาพวัตถุ 2 วัตถุ



รูปที่ 1 ภาพวัตถุที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2-a ภาพวัตถุที่ถูกฉายแสง



รูปที่ 2-b ภาพวัตถุที่ไม่มีการฉายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

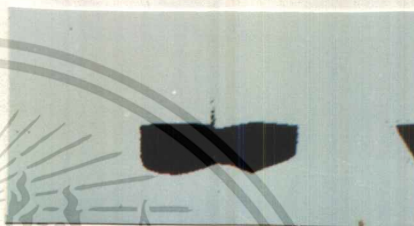


รูปที่ 3a Gray Image ของ Pattern 1



รูปที่ 3a' Binary Image ของ Pattern 1

( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )

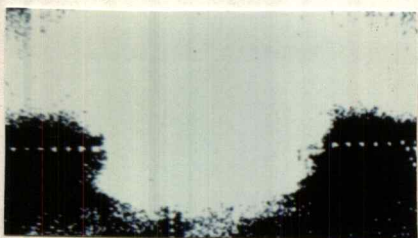


รูปที่ 3a'' Binary Image ของ Pattern 1

( วิธีการตัดค่า Thresold )

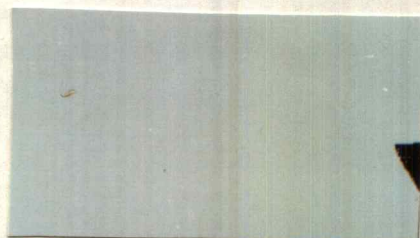


รูปที่ 3b Gray Image ของ Pattern 2



รูปที่ 3b' Binary Image ของ Pattern 2

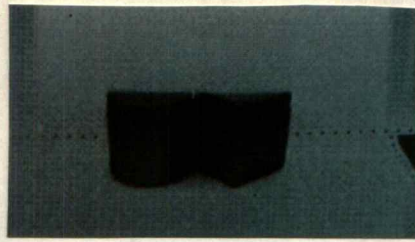
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



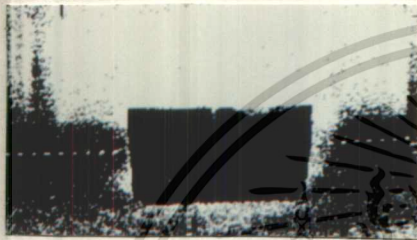
รูปที่ 3b'' Binary Image ของ Pattern 2

( วิธีการตัดค่า Thresold )

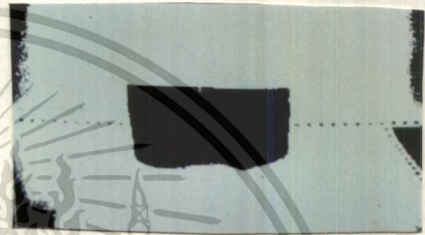
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3c Gray Image ของ Pattern 3



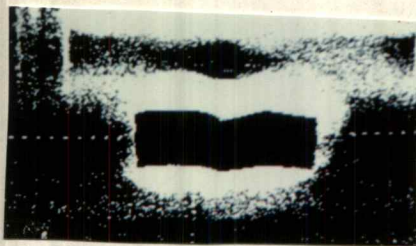
รูปที่ 3c' Binary Image ของ Pattern 3  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



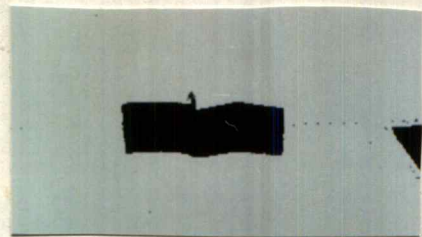
รูปที่ 3c'' Binary Image ของ Pattern 3  
( วิธีการตัดค่า Thresold )



รูปที่ 3d Gray Image ของ Pattern 4

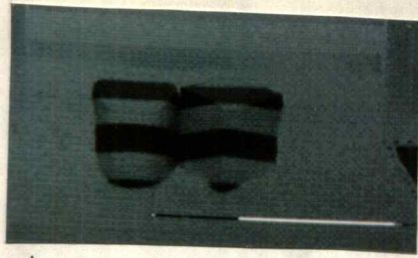


รูปที่ 3d' Binary Image ของ Pattern 4  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )

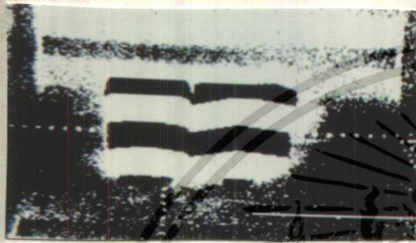


รูปที่ 3d'' Binary Image ของ Pattern 4  
( วิธีการตัดค่า Thresold )

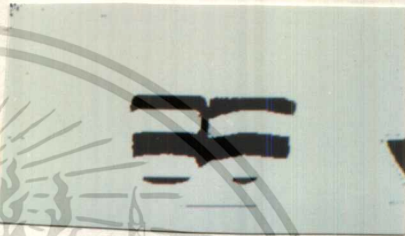
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3e Gray Image ของ Pattern 5



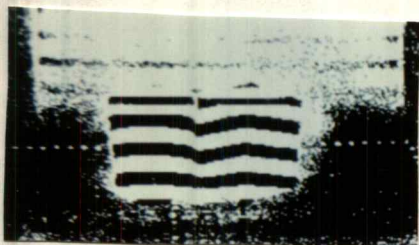
รูปที่ 3e' Binary Image ของ Pattern 5  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



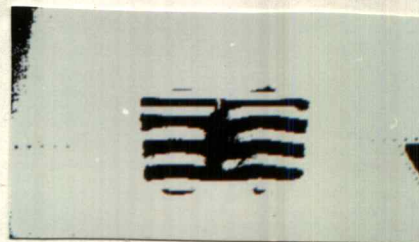
รูปที่ 3e'' Binary Image ของ Pattern 5  
( วิธีการตัดค่า Threshold )



รูปที่ 3f Gray Image ของ Pattern 6



รูปที่ 3f' Binary Image ของ Pattern 6  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )

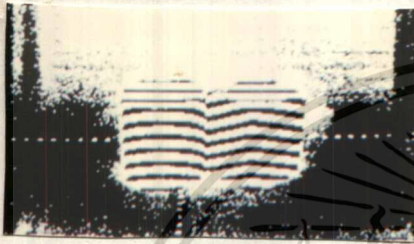


รูปที่ 3f'' Binary Image ของ Pattern 6  
( วิธีการตัดค่า Threshold )

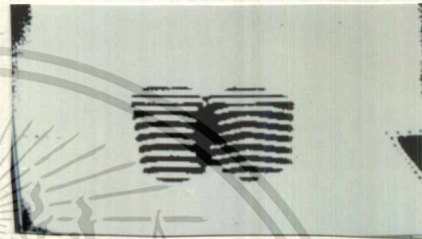
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3g Gray Image ของ Pattern 7



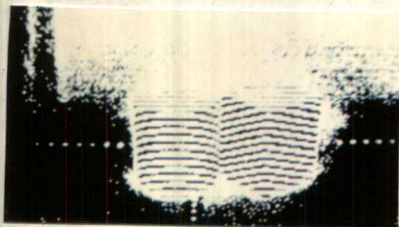
รูปที่ 3g' Binary Image ของ Pattern 7  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



รูปที่ 3g'' Binary Image ของ Pattern 7  
( วิธีการตัดค่า Thresold )



รูปที่ 3h Gray Image ของ Pattern 8

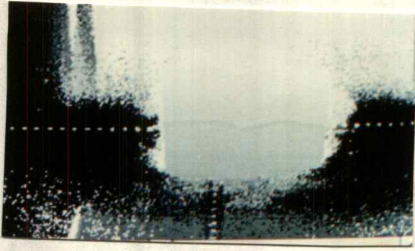


รูปที่ 3h' Binary Image ของ Pattern 8  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )

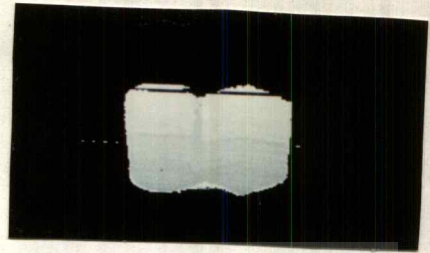


รูปที่ 3h'' Binary Image ของ Pattern 8  
( วิธีการตัดค่า Thresold )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4a Range Image  
( วิธีการใช้ภาพอ้างอิง )



รูปที่ 4b Range Image  
( วิธีการตัดค่า Thresold )

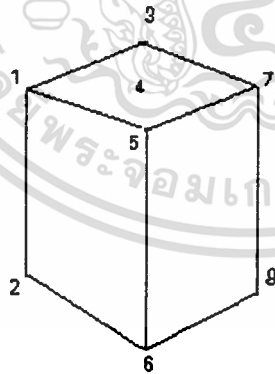


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการใช้ภาพอ้างอิง

### ตารางที่ 1.1 ภาพวัตถุ 1 วัดถุ

| จุดที่ | ตำแหน่ง<br>(x, y) | ระยะจริง<br>(mm) | ระยะจากการคำนวณ<br>(mm) | ระยะแตกต่าง<br>(mm) | ความผิดพลาด<br>(%) |
|--------|-------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|
| 1      | 219, 109          | 660              | 662.783                 | 2.783               | 0.422              |
| 2      | 219, 148          | 705              | 701.558                 | -3.442              | -0.488             |
| 3      | 247, 97           | 680              | 684.292                 | -1.708              | -0.249             |
| 4      | 247, 107          | 652              | 684.661                 | -3.339              | -0.512             |
| 5      | 252, 119          | 620              | 614.238                 | -5.762              | -0.929             |
| 6      | 254, 164          | 685              | 680.757                 | -9.243              | -1.340             |
| 7      | 278, 107          | 660              | 654.404                 | -5.596              | -0.848             |
| 8      | 276, 149          | 720              | 725.217                 | 5.217               | 0.725              |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการตัดค่า Threshold

### ตารางที่ 1.2 ภาพวัตถุ 1 วัตถุ

| จุดที่ | ตำแหน่ง<br>( x , y ) | ระยะจริง<br>( mm ) | ระยะจากการคำนวณ<br>( mm ) | ระยะแตกต่าง<br>( mm ) | ความผิดพลาด<br>( % ) |
|--------|----------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1      | 217 , 111            | 660                | 658.144                   | -1.856                | -0.281               |
| 2      | 220 , 151            | 705                | 687.997                   | -17.003               | -2.412               |
| 3      | 245 , 97             | 680                | 684.821                   | 4.821                 | 0.709                |
| 4      | 247 , 107            | 652                | 648.661                   | -3.339                | -0.512               |
| 5      | 252 , 119            | 620                | 614.238                   | -5.762                | -0.929               |
| 6      | 248 , 165            | 685                | 673.693                   | -11.307               | -1.651               |
| 7      | 276 , 109            | 660                | 652.952                   | -7.048                | -1.068               |
| 8      | 276 , 148            | 720                | 727.635                   | 7.635                 | 1.060                |

### จากตารางที่ 1.1 วิธีการใช้ภาพอ้างอิง

ความผิดพลาดสูงสุด ( Max ) -1.340 %

ความผิดพลาดต่ำสุด ( Min ) -0.249 %

### จากตารางที่ 1.2 วิธีการตัดค่า Threshold

ความผิดพลาดสูงสุด ( Max ) -2.412 %

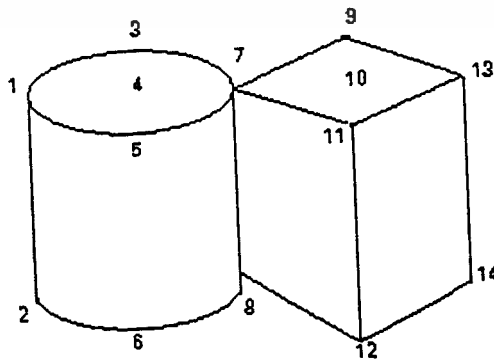
ความผิดพลาดต่ำสุด ( Min ) -0.281 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการใช้ภาพอ้างอิง

ตารางที่ 2.1 ภาพวัตถุ 2 วัตถุ

| จุดที่ 1 | ตำแหน่ง<br>( x , y ) | ระยะจริง<br>( mm ) | ระยะจากการคำนวณ<br>( mm ) | ระยะแตกต่าง<br>( mm ) | ความผิดพลาด<br>( % ) |
|----------|----------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1        | 185 , 113            | 680                | 679.000                   | -1.000                | -0.147               |
| 2        | 188 , 159            | 695                | 694.782                   | -0.218                | -0.031               |
| 3        | 213 , 103            | 680                | 676.292                   | - 3.708               | -0.545               |
| 4        | 213 , 114            | 640                | 639.038                   | -0.962                | -0.150               |
| 5        | 211 , 123            | 620                | 620.166                   | 0.166                 | 0.027                |
| 6        | 213 , 170            | 680                | 679.878                   | -0.122                | -0.018               |
| 7        | 241 , 110            | 645                | 639.790                   | -5.210                | -0.808               |
| 8        | 236 , 158            | 685                | 682.017                   | -2.983                | -0.435               |
| 9        | 270 , 100            | 675                | 672.729                   | -2.271                | -0.336               |
| 10       | 270 , 109            | 642                | 639.935                   | -2.065                | -0.322               |
| 11       | 268 , 120            | 615                | 608.096                   | -6.904                | -1.123               |
| 12       | 265 , 170            | 660                | 657.549                   | -2.451                | -0.371               |
| 13       | 295 , 112            | 650                | 648.593                   | -1.407                | -0.216               |
| 14       | 295 , 156            | 687                | 668.809                   | -18.191               | -2.648               |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีการตัดค่า Threshold

#### ตารางที่ 2.2 ภาพวัตถุ 2 วัตถุ

| จุดที่1 | ตำแหน่ง<br>( x , y ) | ระยะจริง<br>( mm ) | ระยะจากการคำนวณ<br>( mm ) | ระยะแตกต่าง<br>( mm ) | ความผิดพลาด<br>( % ) |
|---------|----------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1       | 185 , 113            | 680                | 676.820                   | -3.180                | -0.468               |
| 2       | 188 , 159            | 695                | 694.782                   | -0.218                | -0.031               |
| 3       | 213 , 103            | 680                | 676.292                   | -3.708                | -0.545               |
| 4       | 213 , 114            | 640                | 639.038                   | -0.962                | -0.150               |
| 5       | 211 , 123            | 620                | 622.186                   | 2.186                 | 0.353                |
| 6       | 213 , 170            | 680                | 679.878                   | 0.122                 | -0.018               |
| 7       | 241 , 110            | 645                | 639.570                   | -5.430                | -0.842               |
| 8       | 236 , 158            | 685                | 682.017                   | -2.983                | -0.435               |
| 9       | 270 , 104            | 675                | 658.064                   | -16.936               | -2.509               |
| 10      | 270 , 111            | 642                | 640.599                   | -1.401                | -0.218               |
| 11      | 268 , 120            | 615                | 608.096                   | -6.904                | -1.123               |
| 12      | 265 , 170            | 660                | 657.549                   | -2.451                | -0.371               |
| 13      | 295 , 112            | 650                | 648.593                   | -1.407                | -0.216               |
| 14      | 295 , 156            | 687                | 668.809                   | -18.191               | -2.648               |

#### จากตารางที่ 2.1 วิธีการใช้ภาพอ้างอิง

ความผิดพลาดสูงสุด ( Max ) -2.648 %

ความผิดพลาดต่ำสุด ( Min ) -0.018 %

#### จากตารางที่ 2.2 วิธีการตัดค่า Threshold

ความผิดพลาดสูงสุด ( Max ) -2.648 %

ความผิดพลาดต่ำสุด ( Min ) -0.018 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวิธีการใช้ภาพอ้างอิงจะให้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำและสะดวกกว่าวิธีการใช้การตัดค่า Threshold เพราะระดับความเข้มของภาพอ้างอิงจะเป็นค่าความเข้มที่อยู่กึ่งกลางระหว่างระดับความเข้มสีดำและระดับความเข้มสีขาว ทำให้ได้ภาพ Binary ที่มีลายเส้น Pattern ที่คมชัด ส่วนวิธีการตัดค่า Threshold จะต้องใช้วิธีการประมาณค่าความเข้มที่จะใช้ในการแบ่งข้อมูลให้เป็นข้อมูล 2 ระดับ ซึ่งอาจจะทำให้ได้ภาพ Binary ที่ขาดความคมชัดของลายเส้น Pattern และมีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง โดยจะทำให้ระยะทางที่คำนวณได้จากวิธีการตัดค่า Threshold เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมากกว่าวิธีการใช้ภาพอ้างอิง

จากการทดลอง เราไม่สามารถที่จะคำนวณหาระยะทางของบริเวณที่อยู่รอบ ๆ วัตถุได้ เนื่องจากภาพ Binary ที่ได้จะมีความคมชัดของลายเส้น Pattern เฉพาะบนผิววัตถุเท่านั้น ส่วนบริเวณรอบ ๆ วัตถุจะมองไม่เห็นลายเส้น Pattern เนื่องจากฉากที่ใช้จะต้องเป็นฉากสีขาว เพื่อให้ลายเส้น Pattern บนพื้นผิววัตถุชัดเจน แต่การใช้ฉากสีขาวจะทำให้แสงเกิดการฟุ้งกระจาย ซึ่งทำให้มองไม่เห็นลายเส้น Pattern บนฉาก จึงไม่สามารถคำนวณหาระยะทางของบริเวณที่อยู่รอบ ๆ วัตถุได้

## ปัญหาและข้อเสนอนแนะ

### ปัญหาที่เกิดในการทดลอง

1. การกำหนดตำแหน่งและมุมมองของกล้องโทรทัศน์วงจรมัดกับของเครื่องฉายสไลด์ จะต้องมีการวัดค่าต่าง ๆ หลาย ๆ ค่า เพื่อนำไปใช้เป็นค่าคงที่ในการคำนวณ ในการทดลองได้ใช้ตลับเมตรในการวัดค่าต่าง ๆ ซึ่งตลับเมตรเป็นเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดต่ำ ค่าที่วัดได้จึงเกิดการคลาดเคลื่อน อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลที่ได้จากการคำนวณเกิดการผิดพลาด

2. เนื่องจาก แผ่น Pattern ทั้ง 9 แผ่น ที่ใช้ในการเข้ารหัสจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกัน ถ้าเกิดแผ่นใดแผ่นหนึ่งเกิดการเคลื่อนที่จะทำให้การเข้ารหัสเกิดการผิดพลาด ในการทดลองจะมีปัญหาในเรื่องการกำหนดตำแหน่งของแผ่น Pattern เพราะแผ่น Pattern แต่ละแผ่นอาจเกิดการเคลื่อนที่ได้เมื่ออยู่ในช่องใส่แผ่นสไลด์ของเครื่องฉายสไลด์

3. การ์ด Digitizer ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณ Analog เป็น สัญญาณ Digital มีสัญญาณรบกวน ทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณเกิดการผิดพลาด

### ข้อเสนอนแนะ

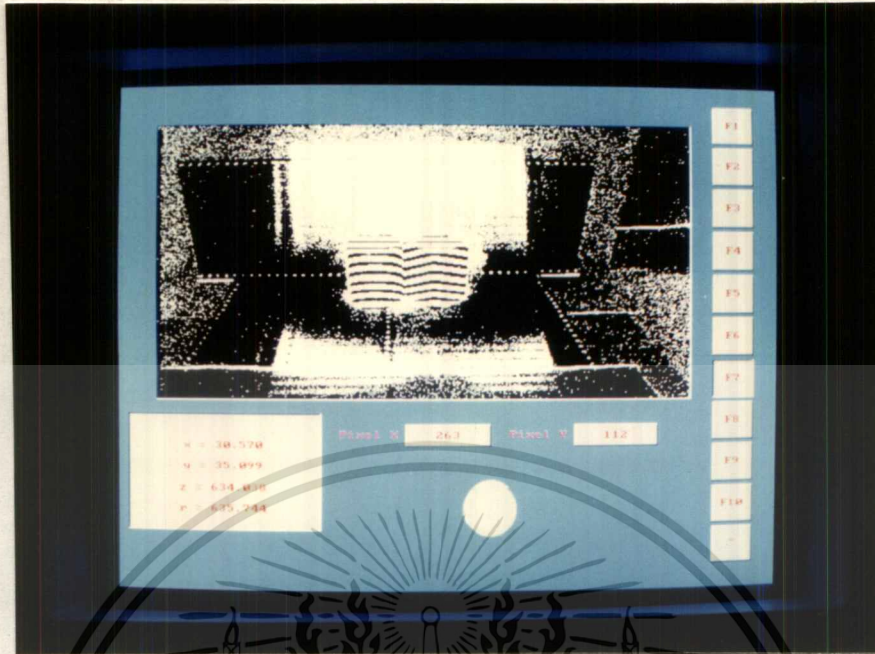
เพื่อที่จะลดความผิดพลาดให้มีค่าต่ำลงนั้นสามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ที่กำหนดตำแหน่ง มุมมองของกล้องและ Projector ที่แน่นอน มั่นคง พร้อมทั้งควรมีอุปกรณ์ที่วัดค่าต่าง ๆ ได้อย่างเที่ยงตรง และควรใช้เครื่องฉายสไลด์ที่มีช่องใส่สไลด์ที่มีขนาดเดียวกันกับแผ่น Pattern ซึ่งช่วยป้องกันการเคลื่อนที่ของแผ่น Pattern และ ควรเลือกใช้การ์ด Digitizer ที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ ๆ หรือ ไม่มีสัญญาณรบกวนเลย ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณมีความถูกต้องมากขึ้น

## บทที่ 9 การใช้โปรแกรม

### วิธีการใช้ภาพอ้างอิง

1. เรียกใช้โปรแกรม refer
2. กดแป้นคีย์ < y > เมื่อต้องการ Encode ( การ Encode จะ Encode เมื่อใช้โปรแกรมครั้งแรก ถ้าจะใช้โปรแกรมครั้งต่อไปสามารถป้อนชื่อ File ที่เคย Encode ไว้แล้วได้เลย ) และถ้าไม่ต้องการ Encode ให้กดแป้นคีย์ อื่น ๆ ที่ไม่ใช่แป้นคีย์ < y >
3. ป้อนชื่อภาพที่เก็บไว้ทั้ง 10 ภาพ โดย ชื่อแรก ( เช่น I0 ) และ ชื่อสอง (เช่น I1 )จะเป็นชื่อภาพที่จะนำมาทำเป็นภาพ Referance ส่วนชื่อต่อไปจะเป็นชื่อภาพที่เกิดจากการฉายแสงผ่าน Pattern โดยการป้อนชื่อเรียงกันไปตามลำดับของ Pattern ทั้ง 8 Pattern ( เช่น I2 - I9 )
4. ป้อนชื่อภาพ Range ซึ่งข้อมูลจากการ Encode จะถูกนำมาเก็บไว้ใน File ชื่อนี้ หรือถ้าเคย Encode ไว้แล้วก็ป้อนชื่อ File นั้นได้เลย ( เช่น I10 )
5. กดแป้นคีย์ < F1 > - < F8 > เมื่อต้องการดูภาพ Binary ของ Pattern ต่าง ๆ โดยที่แป้นคีย์ < F1 > จะเป็นภาพ Binary ของ Pattern แรก และเรียงกันไปจนถึงแป้นคีย์ < F8 > ซึ่งจะเป็นภาพ Binary ของ Pattern ที่แปด เช่น ถ้าต้องการดูภาพ Binary ของ Pattern ที่ 7 ก็ให้กดแป้นคีย์ < F7 > ภาพ Binary ของ Pattern ที่ 7 ก็จะถูกนำมาแสดงที่หน้าจอ ดังรูป 9-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9-1 แสดงภาพ Binary ของภาพ Pattern ที่ 7 ( เมื่อกดแป้นคีย์ < F7 > )

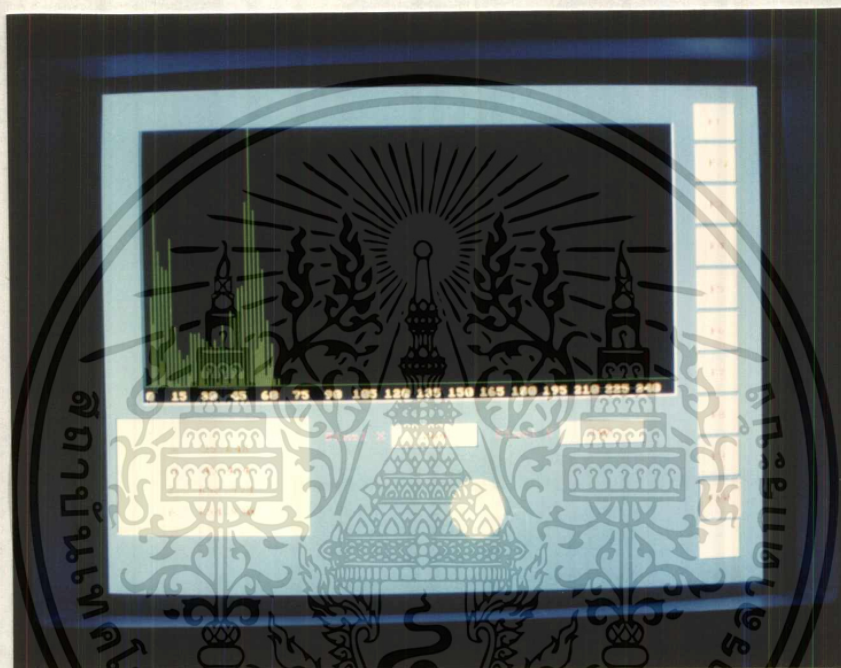
6. กดแป้นคีย์ < F9 > เมื่อต้องการดูภาพ Gray ของ Pattern ต่าง ๆ หรือ ภาพ Range โดยทำการป้อนชื่อภาพที่ต้องการดู เช่น ถ้าต้องการดูภาพ Range ก็ให้กดแป้นคีย์ < F9 > แล้วทำการป้อนชื่อ File ของภาพ Range ภาพ Range ก็จะถูกนำมาแสดงที่หน้าจอ ดังรูป 9-2



รูปที่ 9-2 แสดงภาพ Range ( เมื่อกดแป้นคีย์ < F9 > และป้อนชื่อ I10 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กดแป้นคีย์ < F10 > เมื่อต้องการดูข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ต่าง ๆ หรือ ข้อมูลของภาพ Range โดยทำการป้อนชื่อภาพที่ต้องการดู เช่น ถ้าต้องการดูข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 ก็ให้กดแป้นคีย์ < F10 > แล้วทำการป้อนชื่อ File ภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 ข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 ก็จะถูกนำมาแสดงที่หน้าจอ ดังรูป 9-3



รูปที่ 9-3 แสดงข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 ( เมื่อกดแป้นคีย์ < F10 > และป้อนชื่อ I8 )

8. กดแป้นคีย์ < ~ > เมื่อต้องการ Encode

9. หลังจากมี File Encode แล้ว ถ้าต้องการระยะห่างจากกล่องถึงจุดวัตถุใด ๆ ก็กดแป้นคีย์ ลูกศร เลื่อน ขึ้น - ลง - ซ้าย - ขวา ในการเลื่อนเคอร์เซอร์ ( กากบาทสีแดง ) ไปยังจุดวัตถุตำแหน่งนั้น

โดยที่ ค่า X จะเป็นระยะห่างจากกล่องถึงจุดวัตถุ ในแนวแกน X ของกล่อง

Y จะเป็นระยะห่างจากกล่องถึงจุดวัตถุ ในแนวแกน Y ของกล่อง

Z จะเป็นระยะห่างจากกล่องถึงจุดวัตถุ ในแนวแกน Z ของกล่อง

R จะเป็นระยะห่างจากกล่องถึงจุดวัตถุ

ถ้าต้องการเพิ่มความเร็วในการเลื่อนเคอร์เซอร์ก็กดแป้นคีย์ < + > ซึ่งการกดแต่ละครั้งจะเพิ่มความเร็วในการเลื่อนขึ้นอีกทีละ 5 จุด Pixel ความเร็วในการเลื่อนที่มากที่สุดคือทีละ 40 จุด Pixel

ถ้าต้องการลดความเร็วในการเลื่อนเคอร์เซอร์ก็กดแป้นคีย์ < - > ซึ่งการกดแต่ละครั้งจะลดความเร็วในการเลื่อนลงอีกทีละ 5 จุด Pixel ความเร็วในการเลื่อนที่น้อยที่สุดคือทีละ 1 จุด Pixel

และถ้ารู้พิกัดของจุดวัตถุนั้นก็สามารกดแป้นคีย์ < i > แล้วป้อนพิกัดในแนวนอนและในแนวตั้งได้เลยซึ่งเคอร์เซอร์จะถูกเลื่อนไปยังจุดนั้นเลยโดยไม่ต้องมาเลื่อนแป้นคีย์ลูกศร

10. กดแป้นคีย์ < Esc > เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม



## วิธีการตัดค่า Threshold

1. เรียกใช้โปรแกรม hist9
2. ป้อนชื่อภาพที่ต้องการตัดค่า Thershold แล้วเลือกค่าข้อมูลที่มีความสูงของข้อมูลต่ำสุด เช่น จากภาพ 9-4 จะได้ว่าค่าของข้อมูลภาพGrayของ Pattern ที่ 7 ที่เลือกจะมีค่าอยู่ระหว่าง 35-45



รูปที่ 9-4 แสดงข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 ( โดยป้อนชื่อ < 18 > )

3. เรียกใช้โปรแกรม cut1 ป้อนชื่อภาพพร้อมทั้งป้อนค่าข้อมูลที่ได้จากข้อ 2. รูปภาพที่ได้จะมีลักษณะเดียวกันกับภาพที่เกิดจากการฉายแสงผ่าน Pattern หรือไม่ ถ้ายังก็ให้พยายามปรับค่าที่ได้จากข้อ 2. ใหม่จนกว่าภาพที่ได้จะมีลักษณะเดียวกันกับภาพที่เกิดจากการฉายแสงผ่าน Pattern เช่น ภาพ Binary ของ Pattern ที่ 7 ที่ใช้ค่าข้อมูล 40 จะได้ดังรูป 9-5

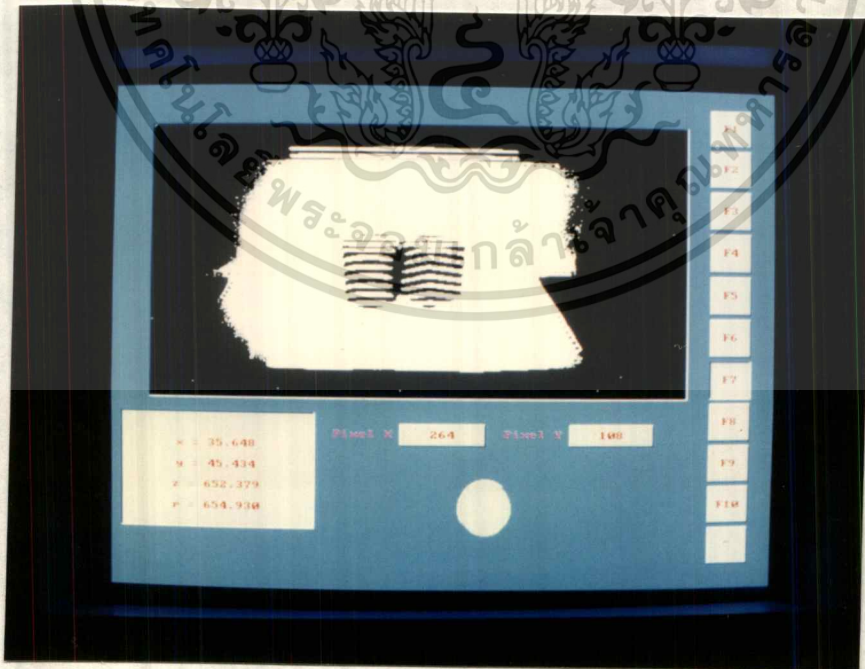


รูปที่ 9-5 แสดงภาพ Binary ของ Pattern ที่ 7 ( โดยป้อนชื่อ < 18 > และป้อนค่าข้อมูล 40 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จัดค่าข้อมูลที่ได้จากข้อ 3. หลังการปรับค่าแล้ว
5. ทำซ้ำทุก ๆ ภาพ ตั้งแต่ข้อ 1. - ข้อ 4. จนครบทั้ง 8 ภาพ
6. เรียกใช้โปรแกรม filecut
7. กดแป้นคีย์ < y > เมื่อต้องการ Encode ( การ Encode จะ Encode เมื่อใช้โปรแกรมครั้งแรก ถ้าจะใช้โปรแกรมครั้งต่อไปสามารถป้อนชื่อ File ที่เคย Encode ไว้แล้วได้เลย ) และถ้าไม่ต้องการ Encode ให้กดแป้นคีย์ อื่น ๆ ที่ไม่ใช่แป้นคีย์ < y >
8. ป้อนชื่อภาพที่เก็บไว้ทั้ง 8 ภาพ โดยการป้อนชื่อเรียงกันไปตามลำดับของ Pattern ทั้ง 8 Pattern ( เช่น I2 - I9 )
9. ป้อนชื่อภาพ Range ซึ่งข้อมูลจากการ Encode จะถูกนำมาเก็บไว้ใน File ชื่อนี้ หรือ ถ้าเคย Encode ไว้แล้วก็ป้อนชื่อ File นั้นได้เลย ( เช่น It10 )
10. ป้อนค่าข้อมูลในข้อ 4. โดยการป้อนเรียงกันไปตามลำดับของ Pattern
11. กดแป้นคีย์ < F1 > - < F8 > เมื่อต้องการดูภาพ Binary ของ Pattern ต่าง ๆ โดยที่แป้นคีย์ < F1 > จะเป็นภาพ Binary ของ Pattern แรก และเรียงกันไปจนถึงแป้นคีย์ < F8 > ซึ่งจะเป็นภาพ Binary ของ Pattern ที่แปด เช่น ถ้าต้องการดูภาพ Binary ของ Pattern ที่ 7 ก็ให้กดแป้นคีย์ < F7 > ภาพ Binary ของ Pattern ที่ 7 ก็จะถูกนำมาแสดงที่หน้าจอ ดังรูป 9-6



รูปที่ 9-6 แสดงภาพ Binary ของภาพ Pattern ที่ 7 ( เมื่อกดแป้นคีย์ < F7 > )

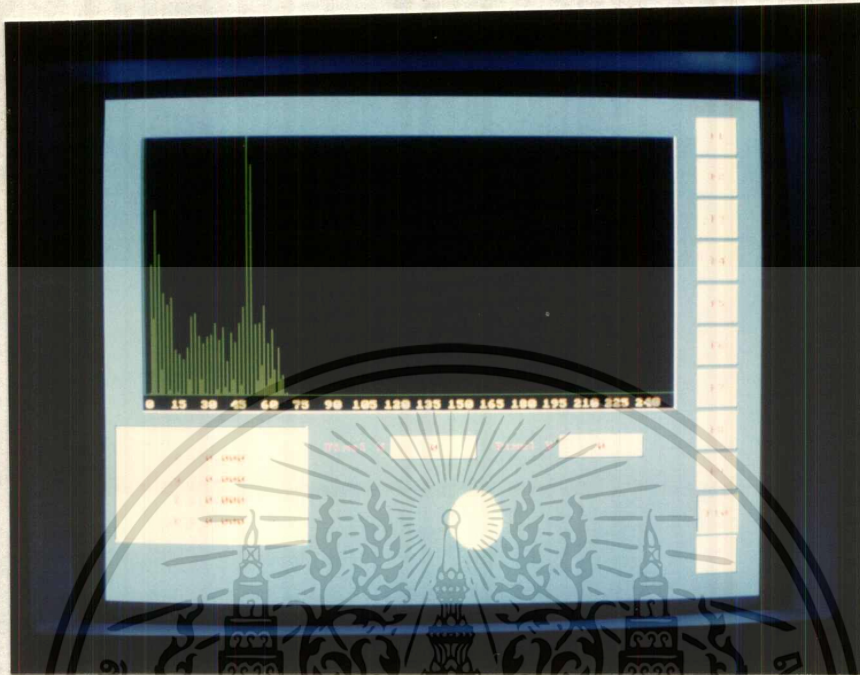
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. กดแป้นคีย์ < F9 > เมื่อต้องการดูภาพ Gray ของ Pattern ต่าง ๆ หรือ ภาพ Range โดยทำการป้อนชื่อภาพที่ต้องการดู เช่น ถ้าต้องการดูภาพ Range ก็ให้กดแป้นคีย์ < F9 > แล้วทำการป้อนชื่อ File ของภาพ Range ภาพ Range ก็จะถูกนำมาแสดงที่หน้าจอ ดังรูป 9-7



รูปที่ 9-7 แสดงภาพ Range ( เมื่อกดแป้นคีย์ < F9 > และป้อนชื่อ It10 )

13. กดแป้นคีย์ < F10 > เมื่อต้องการดูข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ต่าง ๆ หรือ ข้อมูลของภาพ Range โดยทำการป้อนชื่อภาพที่ต้องการดู เช่น ถ้าต้องการดูข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 ก็ให้กดแป้นคีย์ < F10 > แล้วทำการป้อนชื่อ File ภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 ข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 ก็จะถูกนำมาแสดงที่หน้าจอ ดังรูป 9-8



รูปที่ 9-8 แสดงข้อมูลภาพ Gray ของ Pattern ที่ 7 (เมื่อกดแป้นคีย์ < F10 > และป้อนชื่อ I8 )

14. กดแป้นคีย์ < ~ > เมื่อต้องการ Encode

15. หลังจากมี File >> Encode แล้ว ถ้าต้องการระยะห่างจากกึ่งกลางถึงจุดวัตถุใด ๆ ก็กดแป้นคีย์ ลูกศร เลื่อน ขึ้น - ลง - ซ้าย - ขวา ในการเลื่อนเคอร์เซอร์(กากบาทสีแดง)ไปยังจุดวัตถุตำแหน่งนั้น

โดยที่ ค่า X จะเป็นระยะห่างจากกึ่งกลางถึงจุดวัตถุ ในแนวแกน X ของกึ่งกลาง

Y จะเป็นระยะห่างจากกึ่งกลางถึงจุดวัตถุ ในแนวแกน Y ของกึ่งกลาง

Z จะเป็นระยะห่างจากกึ่งกลางถึงจุดวัตถุ ในแนวแกน Z ของกึ่งกลาง

R จะเป็นระยะห่างจากกึ่งกลางถึงจุดวัตถุ

ถ้าต้องการเพิ่มความเร็วในการเลื่อนเคอร์เซอร์ก็กดแป้นคีย์ < + > ซึ่งการกดแต่ละครั้งจะเพิ่มความเร็วในการเลื่อนขึ้นอีกทีละ 5 จุด Pixel ความเร็วในการเลื่อนที่มากที่สุดคือทีละ 40 จุด Pixel

ถ้าต้องการลดความเร็วในการเลื่อนเคอร์เซอร์ก็กดแป้นคีย์ < - > ซึ่งการกดแต่ละครั้งจะลดความเร็วในการเลื่อนลงอีกทีละ 5 จุด Pixel ความเร็วในการเลื่อนที่น้อยที่สุดคือทีละ 1 จุด Pixel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้ารู้พิกัดของจุดวัตุนั้นก็สามารถกดแป้นคีย์ < i > แล้วป้อนพิกัดในแนวนอนและในแนวตั้งได้เลยซึ่งเคอร์เซอร์จะถูกเลื่อนไปยังจุดนั้นเลยโดยที่ไม่ต้องมาเลื่อนแป้นคีย์ ลูกศร

16. กดแป้นคีย์ < Esc > เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิติกรรมประกาศ ( ACKNOWLEDGEMENT )

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ เป็นอย่างสูง ที่ได้ประสทาวิชาความรู้และให้คำปรึกษาเสนอแนะแนวทางในการทดลองโครงการ และวิธีแก้ไข ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องของอุปกรณ์ อันเป็นผลทำให้โครงการ และปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณรศ.ดร. พุศศักดิ์ ชิวสุเวทย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและได้กรุณาช่วย ค้นหาข้อมูลในการทำโครงการ

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณรุ่นพี่ และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือใน การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นแก่ผู้ทำโครงการนี้ตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง ( REFERENCES )

- [ 1 ] ROBERT M. HARALICK , LINDA G. SHAPIRO , " COMPUTER AND ROBOT VISION VOLUME I " ,ADDISON - WESLWY PUBLISHING COMPANY, 1987
- [ 2 ] BROOKS , R.A. , " SYMBOLIC REASONING AMONG 3 - D MODELS AND 2 - D IMAGE " , ARTIFICIAL INTELLIGENCE 17 ,1981
- [ 3 ] BINFORD, T.O. , " VISUAL PRECEPTION BY A COMPUTER " , PROC. IEEE CONF. ON SYSTEMS AND CONTROL ,1971
- [ 4 ] YOSHIAKI SHIRAI . " THREE - DIMENSIONAL COMPUTER VISION " , SPRINGER - VERLAG BERLIN HEIDEIBERGE ,1985
- [ 5 ] พุทธพร แสงรัตนเดช , ไพโรจน์ เจตน์ชัย ,อภิสิทธิ์ ศักดิ์สมบูรณ์ , " การสร้างภาพสามมิติจากภาพตัดขวาง " ,ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง , ปีการศึกษา 2532
- [ 6 ] ธนวิน ัญญานุรักษ์ , วินิจ พนาเมธา . " คอมพิวเตอร์กราฟิก " . ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง , ปีการศึกษา 2531
- [ 7 ] วุฒิชัย มีโพธิ์ , " การสังเคราะห์ภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์ " , ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง , ปีการศึกษา 2535



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <stdio.h>
#include <graphics.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <alloc.h>
#include <process.h>
/*****/

int huge detect256(void);
void deloldarrow(void);
void insnewarrow(void);
void Image1(int a);
void Image2(int a);
void Image3(int a);
void Image4(int a);
void Image5(int a);
void Image6(int a);
void Image7(int a);
void Image8(int a);
void Image9(int a);
void Image10(int a);
void keypush(int x1,int y1,int x2,int y2);
void keypull(int x1,int y1,int x2,int y2);
void Graphic(void);
int getvalue(void);
void North(void);
void East(void);
void West(void);
void South(void);
void enter(void);
void readfile(void);
void begin(void);
void distance(void);
void input(void);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void encode(int a);
/*****/
FILE *fin1,*fin2,*fin3,*fin4,*fin5,*fin6,*fin7,*fin8,*fin9,*fin10,*axis;
char filein1[50],filein2[50],filein3[50],filein4[50],filein5[50];
char filein6[50],filein7[50],filein8[50],filein9[50],filein10[50];
char filerange[50];
float PI = 3.141592,BETA = 0.858,PHIO = 0.576;
/*****/
float x0 = 255.50,y0 = 127.50,data0 = 127.50;
float p=0.1,h=150.00,f=2.8,d=1098.0;
float scalex = 0.018, scaley = 0.01;
/*****/
int ruk,rúkawa[5][5];
long ver=40,hor=40;
int speed=1;
char slam[4],dunk[4];
char x[20],y[20],z[20],r[20];
float xi,yi,zi,ri;
char val;
float damping,zeta,phi;
/*****/
void main()
{
int gd,gm;
installuserdriver("svga256",detect256);
gd = DETECT;
initgraph(&gd,&gm," ");
clearviewport();
Graphic();
insnewarrow();
itoa(ver-40,slam,10);
itoa(hor-40,dunk,10);
setcolor(RED);
outtextxy(320,330,slam);
outtextxy(480,330,dunk);
getch();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Do you want to encode  y:n ");
val = getch();
if( val == 'y')
{
    enter();
    readfile();
}
else
{
    enter();
    readfile();
    distance();
}
for(;;)
{
ruk=getvalue();
switch(ruk)
{
    case 0x4800 : North();
                break;
    case 0x4d00 : East();
                break;
    case 0x4b00 : West();
                break;
    case 0x5000 : South();
                break;
    case 0x3b00 : Image1(1);
                break;
    case 0x3c00 : Image2(2);
                break;
    case 0x3d00 : Image3(3);
                break;
    case 0x3e00 : Image4(4);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        break;
    case 0x3f00 : Image5(5);
        break;
    case 0x4000 : Image6(6);
        break;
    case 0x4100 : Image7(7);
        break;
    case 0x4200 : Image8(8);
        break;
    case 0x4300 : Image9(9);
        break;
    case 0x4400 : Image10(10);
        break;
    case 0x2960 : encode(11);
        break;
    case 0x0d3d : speed=speed+5;
        if(speed>40)speed=40;
        break;
    case 0x0c2d : speed=speed-5;
        if(speed<1)speed=1;
        break;
    case 0x1769 : input();
        break;
    case 0x011b . closegraph();
        exit(0);
        break;

```

```

} } }

```

```

/*****

```

```

void enter(void)

```

```

{

```

```

char c;

```

```

int s;

```

```

    setfillstyle(1,0);

```

```

    bar(39,39,552,296);

```

```

    keypush(39,39,552,296);

```

```

    gotoxy(10,8);

```

```

printf(" Image filename no.1: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein1);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.2: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein2);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.3: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein3);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.4: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein4);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.5: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein5);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.6: ");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(45,8);
gets(filein6);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.7: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein7);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.8: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein8);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.9: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein9);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.10: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein10);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" * Range filename no.0: ");
gotoxy(45,8);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gets(filename);
do
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    gotoxy(10,8);
    printf(" do you want to change filename y:n ");
    c=getch();
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    if(c=='y')
    {
        gotoxy(10,8);
        printf(" what filename no.? do you want to change: 0-10 ");
        s = getch();
        setfillstyle(1,0);
        bar(39,39,552,296);
        keypush(39,39,552,296);
        if(s=='1')
        {
            gotoxy(10,8);
            printf(" Image filename no.1: ");
            gotoxy(45,8);
            gets(filein1);
            setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
            bar(39,39,552,296);
            keypush(39,39,552,296);
        }
        if(s=='2')
        {
            gotoxy(10,8);
            printf(" Image filename no.2: ");
            gotoxy(45,8);
            gets(filein2);
            setfillstyle(1,LIGHTGRAY);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}
if(s=='3')
{
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.3: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein3);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}
if(s=='4')
{
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.4: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein4);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}
if(s=='5')
{
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.5: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein5);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}
if(s=='6')
{
gotoxy(10,8);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf(" Image filename no.6: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein6);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}
if(s=='7')
{
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.7: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein7);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}
if(s=='8')
{
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.8: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein8);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}
if(s=='9')
{
gotoxy(10,8);
printf(" Image filename no.9: ");
gotoxy(45,8);
gets(filein9);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    if(s=='0')
    {
        gotoxy(10,8);
        printf(" Range filename no.0: ");
        gotoxy(45,8);
        gets(filerange);
        setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
        bar(39,39,552,296);
        keypush(39,39,552,296);
    }
}
}while(c=='y');
}
/*****
void readfile(void)
{
if( (fin1 = fopen(filein1,"rb"))==NULL)
{ setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" I couldn't open file <%s> ",filein1);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
exit(1);
}
if( (fin2 = fopen(filein2,"rb"))==NULL)
{ setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" I couldn't open file <%s> ",filein2);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        keypush(39,39,552,296);
    }
    exit(1);
}
*
if((fin3 = fopen(filein3,"rb"))==NULL)
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    gotoxy(10,8);
    printf(" I couldn't open file <%s> ",filein3);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    exit(1);
}
*
if((fin4 = fopen(filein4,"rb"))==NULL)
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    gotoxy(10,8);
    printf(" I couldn't open file <%s> ",filein4);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    exit(1);
}
*
if((fin5 = fopen(filein5,"rb"))==NULL)
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    gotoxy(10,8);
    printf(" I couldn't open file <%s> ",filein5);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    exit(1);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if((fin6 = fopen(filein6,"rb"))==NULL)
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    .keypush(39,39,552,296);
    gotoxy(10,8);
    printf(" I couldn't open file <%s>  ",filein6);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    exit(1);
}

if((fin7 = fopen(filein7,"rb"))==NULL)
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    gotoxy(10,8);
    printf(" I couldn't open file <%s>  ",filein7);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    exit(1);
}

if((fin8 = fopen(filein8,"rb"))==NULL)
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    gotoxy(10,8);
    printf(" I couldn't open file <%s>  ",filein8);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    exit(1);
}

if((fin9 = fopen(filein9,"rb"))==NULL)
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" I couldn't open file <%s> ",filein9);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
exit(1);
}
if(((fin10 = fopen(filein10,"rb"))==NULL)
{ setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" I couldn't open file <%s> ",filein10);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
exit(1);
}
if(val == 'y')
{
if((axis = fopen(filerange,"wb"))==NULL)
{ setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" I couldn't open file <%s> ",filerange);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
exit(1);
}}
else
{
if( (axis = fopen(filerange,"rb"))==NULL)
{ setfillstyle(1,0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" I couldn't open file <%s> ",filerange);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
exit(1);
}
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" I'm reading your file..... ");
delay(300);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
}
/*****
void distance (void)
{
int x1,y1,renew;
unsigned char new1[1];
long k;
long t;
t = (hor-40)*512;
k = t+(ver-40);
fseek(axis,k,SEEK_SET);

fread(new1,1,1,axis);
renew=new1[0];
if(renew==0)
{
xi = 0;
yi = 0;
zi = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ri = 0;
}
else
{
x1 = ver-40;
y1 = hor-40;
phi = atan2((renew - data0)*p,h);
zeta = atan2((y0-y1)*scaley,f);
damping = atan2((x1-x0)*scalex,f);
if(y1 <= y0)
{
zi = d*sin(BETA-(PHIO-phi))/(cos(PHIO-phi)*(-abs(tan(zeta))+tan(PHIO-phi)));
}
else
{
zi = d*sin(BETA-(PHIO-phi))/(cos(PHIO-phi)*(tan(zeta)+tan(PHIO-phi)));
}
xi = zi*tan(damping);
yi = zi*tan(zeta);
ri = sqrt(xi*xi+yi*yi+zi*zi);
phi = phi*180/PI;
zeta = zeta*180/PI;
damping = damping*180/PI;
}
setcolor(RED);
settextjustify(CENTER_TEXT,CENTER_TEXT);
sprintf(x," x = %.3f ",xi);
outtextxy(105,340,x);
sprintf(y," y = %.3f ",yi);
outtextxy(105,360,y);
sprintf(z," z = %.3f ",zi);
outtextxy(105,380,z);
sprintf(r," r = %.3f ",ri);
outtextxy(105,400,r);
}

```

/\*.....\*/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void encode(int a)
{
    unsigned char si[1];
    int new1,old,newa;
    int data1,ref,ref1,ref2;
    int i,j,iii;
    if(val=='y')
    {
        setfillstyle(1,0);
        bar(39,39,552,296);
        keypush(39,39,552,296);
        gotoxy(10,8);
        printf(" I'm encodeing with gray code ");
        for(iii=0;iii<11;iii++)
        {
            keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
        }
        keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
        fseek(fin1,0,SEEK_SET);
        fseek(fin2,0,SEEK_SET);
        fseek(fin3,0,SEEK_SET);
        fseek(fin4,0,SEEK_SET);
        fseek(fin5,0,SEEK_SET);
        fseek(fin6,0,SEEK_SET);
        fseek(fin7,0,SEEK_SET);
        fseek(fin8,0,SEEK_SET);
        fseek(fin9,0,SEEK_SET);
        fseek(fin10,0,SEEK_SET);
        for(i=0;i<=255;i++)
            for(j=0;j<=511;j++)
            {
                fread(si,1,1,fin1);
                ref = si[0];
                fread(si,1,1,fin2);
                ref2 = si[0];
                ref = (ref+ref2)/2;
                newa = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fread(si,1,1,fin3);
ref1 = si[0];
data1 = ref1 - ref;
if (data1 >0)
    newa = 1;
    new1 = newa*2;
fread(si,1,1,fin4);
ref1 = si[0];
data1 = ref1 - ref;
if (data1 > 0)
    old = 1;
else
    old = 0;
    newa = newa ^ old;
if (newa == 1)
    new1 += 1;
    new1 *= 2;
fread(si,1,1,fin5);
ref1 = si[0];
data1 = ref1 - ref;
if (data1 > 0)
old = 1;
else
    old = 0;
    newa = newa ^ old;
if (newa == 1)
    new1 += 1;
    new1 *= 2;
fread(si,1,1,fin6);
ref1 = si[0];
data1 = ref1 - ref;
if (data1 > 0)
old = 1;
else
    old = 0;
    newa = newa ^ old;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if (newa == 1)
        new1 += 1;
        new1 *= 2;
fread(si,1,1,fin7);
ref1 = si[0];
data1 = ref1 - ref;
    if (data1 > 0)
old = 1;
    else
        old = 0;
        newa = newa ^ old;
    if (newa == 1)
        new1 += 1;
        new1 *= 2;
fread(si,1,1,fin8);
ref1 = si[0];
data1 = ref1 - ref;
    if (data1 > 0)
old = 1;
    else
        old = 0;
        newa = newa ^ old;
    if (newa == 1)
        new1 += 1;
        new1 *= 2;
fread(si,1,1,fin9);
ref1 = si[0];
data1 = ref1 - ref;
    if (data1 > 0)
old = 1;
    else
        old = 0;
        newa = newa ^ old;
    if (newa == 1)
        new1 += 1;
        new1 *= 2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fread(si,1,1,fin10);
ref1 = si[0];
data1 = ref1 - ref;
if (data1 > 0)
old = 1;
else
old = 0;
newa = newa ^ old;
if (newa == 1)
new1 += 1;
putc(new1,axis);
}
fclose(axis);
axis=fopen(filerange,"rb");
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
distance();
}}
/*****
void input(void)
{ int iii;
deloldarrow();
gotoxy(2,1);
scanf("%d",&ver);
gotoxy(2,2);
scanf("%d",&hor);
setfillstyle(1,LIGHTBLUE);
bar(0,0,30,480);
setfillstyle(1,LIGHTBLUE);
bar(0,0,400,38);
ver = ver+40;
hor = hor+40;
setcolor(LIGHTGRAY);
outtextxy(320,330,slam);
outtextxy(480,330,dunk);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(280,320,360,340);
bar(440,320,520,340);
keypull(280,320,360,340);
keypull(440,320,520,340);
if(hor<40)hor=40;
if(ver>551)ver=551;
if(hor>295)hor=295;
if(ver<40)ver=40;
itoa(ver-40,slam,10);
itoa(hor-40,dunk,10);
setcolor(RED);
outtextxy(320,330,slam);
outtextxy(480,330,dunk);
setcolor(7);
setfillstyle(1,7);
bar(10,310,200,420);
keypush(10,310,200,420);
distance();
)
/*****
void Image1(int a)
{
unsigned char si[1];
int iii,i,j;
int ref,ref1,ref2;
float data1;
for(iii=0;iii<11;iii++)
{
keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
}
keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
seek(fin1,0,SEEK_SET);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fseek(fin2,0,SEEK_SET);
fseek(fin3,0,SEEK_SET);
for(i=0;i<=255;i++)
    for(j=0;j<=511;j++)
        {
fread(si,1,1,fin1);
ref = si[0];
fread(si,1,1,fin2);
ref1 = si[0];
fread(si,1,1,fin3);
ref2 = si[0];
data1 = ref2 - (ref+ref1)/2;
        if(data1>0)
            putpixel(j+40,i+40,15);
        else
            putpixel(j+40,i+40,0);
        }
    }
}
/*****
void Image2(int a)
{
    unsigned char si[1];
    int iii,i,j;
    int ref,ref1,ref2;
    float data1;
    for(iii=0;iii<11;iii++)
        {
            keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
        }
        keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
        setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
        bar(39,39,552,296);
        keypush(39,39,552,296);
        fseek(fin1,0,SEEK_SET);
        fseek(fin2,0,SEEK_SET);
        fseek(fin4,0,SEEK_SET);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(i=0;i<=255;i++)
    for(j=0;j<=511;j++)
        {
        fread(si,1,1,fin1);
        ref = si[0];
        fread(si,1,1,fin2);
        ref1 = si[0];
        fread(si,1,1,fin4);
        ref2 = si[0];
        data1 = ref2 - (ref+ref1)/2;
            if(data1>0)
                putpixel(j+40,i+40,15);
            else
                putpixel(j+40,i+40,0);
        }
    }
}
.....
void Image3(int a)
{
    unsigned char si[1];
    int iii,i,j;
    int ref,ref1,ref2;
    float data1;
    for(iii=0;iii<11;iii++)
        {
            keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
        }

    keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    fseek(fin1,0,SEEK_SET);
    fseek(fin2,0,SEEK_SET);
    fseek(fin5,0,SEEK_SET);
    for(i=0;i<=255;i++)
        for(j=0;j<=511;j++)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
fread(si,1,1,fin1);
ref = si[0];
fread(si,1,1,fin2);
ref1 = si[0];
fread(si,1,1,fin5);
ref2 = si[0];
data1 = ref2 - (ref+ref1)/2;
    if(data1>0)
        putpixel(j+40,i+40,15);
    else
        putpixel(j+40,i+40,0);
    }
}
/*****/
void Image4(int a)
{
unsigned char si[1];
int iii,i,j;
int ref,ref1,ref2;
float data1;
for(iii=0;iii<11;iii++)
{
    keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
}
    keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    fseek(fin1,0,SEEK_SET);
    fseek(fin2,0,SEEK_SET);
    fseek(fin6,0,SEEK_SET);
    for(i=0;i<=255;i++)
        for(j=0;j<=511;j++)
            {
                fread(si,1,1,fin1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ref = si[0];
fread(si,1,1,fin2);
ref1 = si[0];
fread(si,1,1,fin6);
ref2 = si[0];
data1 = ref2 - (ref+ref1)/2;
    if(data1>0)
        putpixel(j+40,i+40,15);
    else
        putpixel(j+40,i+40,0);
}
}
/*****
void Image5(int a)
{
    unsigned char si[1];
    int iii,i,j;
    int ref,ref1,ref2;
    float data1;
    for(iii=0;iii<11;iii++)
    {
        keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
    }
    keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    fseek(fin1,0,SEEK_SET);
    fseek(fin2,0,SEEK_SET);
    fseek(fin7,0,SEEK_SET);
    for(i=0;i<=255;i++)
        for(j=0;j<=511;j++)
        {
            fread(si,1,1,fin1);
            ref = si[0];
            fread(si,1,1,fin2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ref1 = si[0];
fread(si,1,1,fin7);
ref2 = si[0];
data1 = ref2 - (ref+ref1)/2;
    if(data1>0)
        putpixel(j+40,i+40,15);
    else
        putpixel(j+40,i+40,0);
    }
}

```

```

/*****/

```

```

void Image6(int a)
{
    unsigned char si[1];
    int iii,i,j;
    int ref,ref1,ref2;
    float data1;
    for(iii=0;iii<11;iii++)
    {
        keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
    }
    keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
    fseek(fin1,0,SEEK_SET);
    fseek(fin2,0,SEEK_SET);
    fseek(fin8,0,SEEK_SET);
    for(i=0;j<=255;i++)
        for(j=0;j<=511;j++)
        {
            fread(si,1,1,fin1);
            ref = si[0];
            fread(si,1,1,fin2);
            ref1 = si[0];
            fread(si,1,1,fin8);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ref2 = si[0];
data1 = ref2 - (ref+ref1)/2;
    if(data1>0)
        putpixel(j+40,i+40,15);
    else
        putpixel(j+40,i+40,0);
    }
}

```

...../

```
void Image7(int a)
```

```

{
    unsigned char si[1];
    int iii,i,j;
    int ref,ref1,ref2;
    float data1;
    for(iii=0;iii<11;iii++)
    {
        keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
    }
    keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);

    fseek(fin1,0,SEEK_SET);
    fseek(fin2,0,SEEK_SET);
    fseek(fin9,0,SEEK_SET);
    for(i=0;i<=255;i++)
        for(j=0;j<=511;j++)
        {
            fread(si,1,1,fin1);
            ref = si[0];
            fread(si,1,1,fin2);
            ref1 = si[0];
            fread(si,1,1,fin9);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

data1 = ref2 - (ref+ref1)/2;
    if(data1>0)
        putpixel(j+40,i+40,15);
    else
        putpixel(j+40,i+40,0);
    }
}

```

```

/*****

```

```

void Image8(int a)

```

```

{

```

```

    unsigned char si[1];

```

```

    int iii,i,j;

```

```

    int ref,ref1,ref2;

```

```

    float data1;

```

```

    for(iii=0;iii<11;iii++)

```

```

    {

```

```

        keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);

```

```

    }

```

```

    keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);

```

```

    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);

```

```

    bar(39,39,552,296);

```

```

    keypush(39,39,552,296);

```

```

    fseek(fin1,0,SEEK_SET);

```

```

    fseek(fin2,0,SEEK_SET);

```

```

    fseek(fin10,0,SEEK_SET);

```

```

    for(i=0;i<=255;i++)

```

```

        for(j=0;j<=511;j++)

```

```

        {

```

```

            fread(si,1,1,fin1);

```

```

            ref = si[0];

```

```

            fread(si,1,1,fin2);

```

```

            ref1 = si[0];

```

```

            fread(si,1,1,fin10);

```

```

            ref2 = si[0];

```

```

            data1 = ref2 - (ref+ref1)/2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(data1>0)
    putpixel(j+40,i+40,15);
else
    putpixel(j+40,i+40,0);
}
}

```

```

/*****

```

```

void Image9(int a)
{
FILE *jfp;
unsigned char far ** buffer1;
unsigned char temp[512];
char iname[30],c;
int line_y,pe1,i,y;
int iii;
for(iii=0;iii<11;iii++)
{
    keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
}
    keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
buffer1 = (unsigned char far **) farmalloc(256*sizeof(unsigned char far*));
for(i=0;i<256;i++)
{
    if( (buffer1[i]=(unsigned char far*) farmalloc(512*sizeof(unsigned char)))==NULL)
    {
        for(-i;i>=0;i-)
            farfree (buffer1[i]);
        farfree (buffer1);
        exit(0);
    }
}
gotoxy(25,10);
printf(" ENTER INPUT NAME FILE : "); gets(iname);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

do
{ setfillstyle(1,0);
  bar(39,39,552,296);
  keypush(39,39,552,296);
  gotoxy(10,8);
  printf(" do you want to change filename  y:n ");
  c=getch();
  setfillstyle(1,0);
  bar(39,39,552,296);
  keypush(39,39,552,296);
  if(c=='y')
  {
    gotoxy(10,8);
    printf(" ENTER INPUT NAME FILE : ");
    gotoxy(45,8);
    gets(iname);
  }while(c=='y');
  setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
  bar(39,39,552,296);
  keypush(39,39,552,296);
  if((ifp=fopen(iname,"r+b"))==NULL)
  {
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
  }
  gotoxy(25,12);
  printf(" CAN NOT OPEN OUTPUT FILE ");
  setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
  bar(39,39,552,296);
  keypush(39,39,552,296);
  exit(0);
}
y=0;
for(i=64;i<128;i++)
{
  setrgbpalette(i,y,y);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y++;
}
for(line_y=0;line_y<256;line_y++)
{
fread(temp,1,512,ifp);
for(pel=0;pel<512;pel++)
putpixel(pel+40,line_y+40,temp[pel]/4+64);
if(line_y<256)
{
for(pel=0;pel<512;pel++)
buffer1[line_y][pel]=temp[pel];
}
}
for(pel=0;pel<256;pel++)
{
farfree(buffer1[pel]);
}
farfree (buffer1);
}
/*-----*/
int huge detect256(void)
{
return 2;
/* 0 = 320 * 200
1 = 640 * 350
2 = 640 * 480
3 = 800 * 600
4 = 1024 * 768
*/
}
/*****/
void Image10(int a)
{
int iiii;
FILE *ifp;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

char iname[50],c;
char slam[4];
int data[300];
int data1,i,j,x,ii;
for(iii=0;iii<11;iii++)
{
    keypull(575,20+40*iii,615,55+40*iii);
}
keypush(575,40*a-20,615,15+40*a);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(25,10);
printf(" ENTER INPUT NAME FILE : "); gets(iname);
do
{ setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
gotoxy(10,8);
printf(" do you want to change filename y:n ");
c=getch();
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
if(c=='y')
{
gotoxy(10,8);
printf(" ENTER INPUT NAME FILE : ");
gotoxy(45,8);
gets(iname);
}while(c=='y');
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
setfillstyle(1,0);
bar(39,39,552,296);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

keypush(39,39,552,296);
if((ifp=fopen(iname,"r+b"))==NULL)
{
    setfillstyle(1,0);
    bar(39,39,552,296);
    keypush(39,39,552,296);
gotoxy(25,12);
printf(" CAN NOT OPEN OUTPUT FILE ");
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
exit(0);
}
for(i=0;i<=255;i++)
data[i]=0;

fseek(ifp,0,SEEK_SET);
for(j=0;j<=255;j++)
for(j=0;j<=511;j++)
{
    data1 = getc(ifp);
    data[data1]++ ;
}
x=40;
setcolor(GREEN);
for(i=0;i<=255;i++)
{
    data[i] = data[i]/40;
    line(x,280,x,280-data[i]);
    x=x+2;
}
setfillstyle(1,LIGHTBLUE);
bar(0,0,552,38);
for(ii=0;ii<=250;ii+=15)
{
    itoa(ii,slam,10);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(14);
outtextxy(45+ii*2,290,slam);
} }
/*****/

void keypush(int x1,int y1,int x2,int y2)
{
setcolor(BLACK);
line(x1,y1,x2,y1);
line(x1,y1,x1,y2);
setcolor(WHITE);
line(x1,y2,x2,y2);
line(x2,y2,x2,y1);
}
/*****/

void keypull(int x1,int y1,int x2,int y2)
{
setcolor(WHITE);
line(x1,y1,x2,y1);
line(x1,y1,x1,y2);
setcolor(BLACK);
line(x1,y2,x2,y2);
line(x2,y2,x2,y1);
}
/*****/

void Graphic(void)
{
int ii;
setcolor(7);
setfillstyle(1,LIGHTBLUE);
bar(0,0,640,480);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(39,39,552,296);
keypush(39,39,552,296);
for(ii=0;ii<11;ii++)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(575,20+40*ii,615,55+40*ii);
keypull(575,20+40*ii,615,55+40*ii);
}
settextjustify(CENTER_TEXT,CENTER_TEXT);
setcolor(RED);
outtextxy(595,37,'F1');
outtextxy(595,77,'F2');
outtextxy(595,117,'F3');
outtextxy(595,157,'F4');
outtextxy(595,197,'F5');
outtextxy(595,237,'F6');
outtextxy(595,277,'F7');
outtextxy(595,317,'F8');
outtextxy(595,357,'F9');
outtextxy(595,397,'F10');
outtextxy(595,437,'~');
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(280,320,360,340);
bar(440,320,520,340);
keypull(280,320,360,340);
keypull(440,320,520,340);
settextjustify(CENTER_TEXT,CENTER_TEXT);
setcolor(MAGENTA);
outtextxy(245,330,'Pixel X');
outtextxy(405,330,'Pixel Y');
setfillstyle(1,7);
bar(10,310,200,420);
keypush(10,310,200,420);
setcolor(WHITE);
arc(360,400,51,209,25);
setcolor(DARKGRAY);
arc(360,400,221,39,25);
setcolor(7);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
circle(360,400,24);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 'ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้'

```

    floodfill(360,400,7);
}
/*****/

int getvalue(void)
{
    union REGS r;
    int x;
    r.h.ah = 0;
    x=int86(0x16,&r,&r);
    return x;
}
/*****/

void North(void)
{
    int iii;
    deloldarrow();
    setcolor(LIGHTGRAY);
    outtextxy(320,330,slam);
    outtextxy(480,330,dunk);
    setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
    bar(280,320,360,340);
    bar(440,320,520,340);
    keypull(280,320,360,340);
    keypul(440,320,520,340);
    hor=hor-speed;
    if(hor<40)hor=40;
    itoa(ver-40,slam,10);
    itoa(hor-40,dunk,10);
    setcolor(RED);
    outtextxy(320,330,slam);
    outtextxy(480,330,dunk);
    insnewarrow();
    setfillstyle(1,YELLOW);
    setcolor(YELLOW);
    line(360,380,370,415);
    line(370,415,350,415);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

line(350,415,360,380);
floodfill(360,400,YELLOW);
setcolor(7);
    setfillstyle(1,7);
bar(10,310,200,420);
keypush(10,310,200,420);
distance();
setfillstyle(1,7);
setcolor(7);
line(360,380,370,415);
line(370,415,350,415);
line(350,415,360,380);
floodfill(360,400,7);
}
/*****/
void East(void)
(
int iii;
deloldarrow();
setcolor(LIGHTGRAY);
outtextxy(320,330,slam);
outtextxy(480,330,dunk);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(280,320,360,340);
bar(440,320,520,340);
keypull(280,320,360,340);
keypull(440,320,520,340);
ver=ver+speed;
if(ver>551)ver=551;
itoa(ver-40,slam,10);
itoa(hor-40,dunk,10);
setcolor(RED);
outtextxy(320,330,slam);
outtextxy(480,330,dunk);
insnewarrow();
setcolor(YELLOW);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setfillstyle(1,YELLOW);
line(345,390,380,400);
line(380,400,345,410);
line(345,410,345,390);
floodfill(360,400,YELLOW);

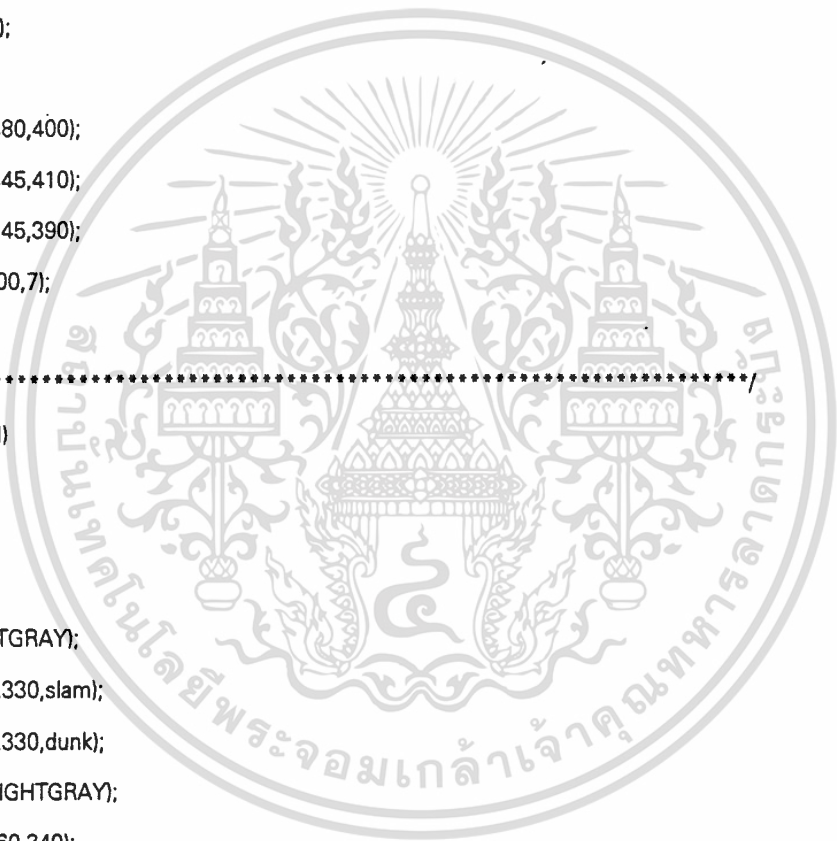
setcolor(7);
setfillstyle(1,7);
bar(10,310,200,420);
keypush(10,310,200,420);

distance();
setfillstyle(1,7);
setcolor(7);
line(345,390,380,400);
line(380,400,345,410);
line(345,410,345,390);
floodfill(360,400,7);
}
/*****
void West(void)
{
int iii;
deloldarrow();
setcolor(LIGHTGRAY);
outtextxy(320,330,slam);
outtextxy(480,330,dunk);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(280,320,360,340);
bar(440,320,520,340);
keypull(280,320,360,340);
keypull(440,320,520,340);
ver=ver-speed;
if(ver<40)ver=40;
itoa(ver-40,slam,10);
itoa(hor-40,dunk,10);

setcolor(RED);

outtextxy(320,330,slam);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(480,330,dunk);
insnewarrow();
setfillstyle(1,YELLOW);
setcolor(YELLOW);
line(340,400,375,390);
line(375,390,375,410);
line(375,410,340,400);
floodfill(360,400,YELLOW);

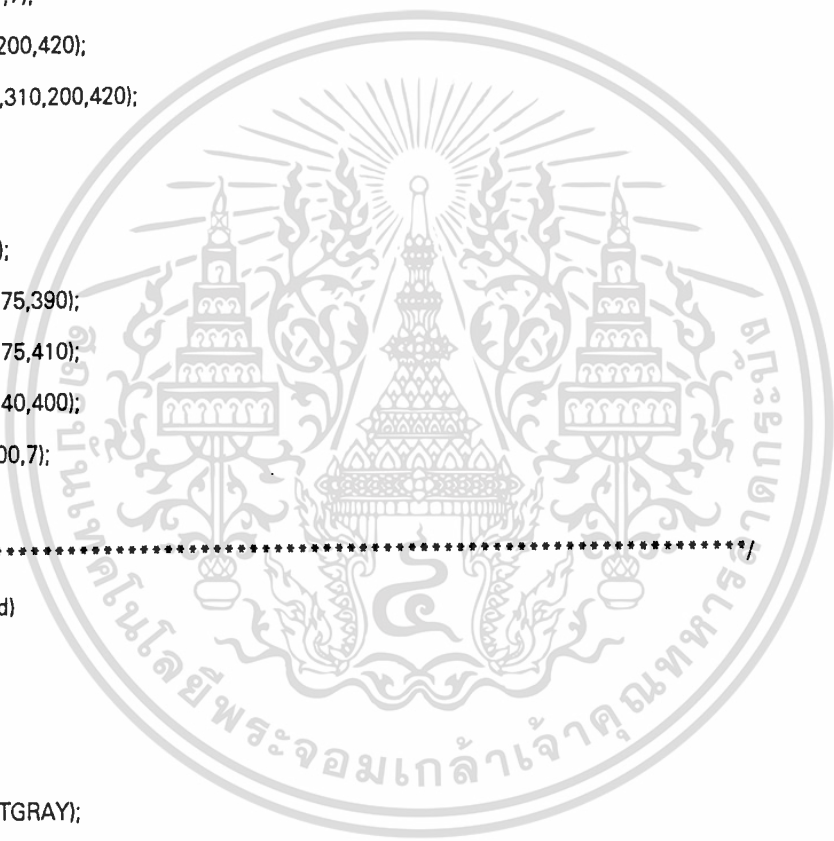
setcolor(7);
setfillstyle(1,7);
bar(10,310,200,420);
keypush(10,310,200,420);

distance();
setcolor(7);
setfillstyle(1,7);
line(340,400,375,390);
line(375,390,375,410);
line(375,410,340,400);
floodfill(360,400,7);
}
/*****
void South(void)
{
int iii;
deloldarrow();
setcolor(LIGHTGRAY);
outtextxy(320,330,slam);
outtextxy(480,330,dunk);
setfillstyle(1,LIGHTGRAY);
bar(280,320,360,340);
bar(440,320,520,340);
keypull(280,320,360,340);
keypull(440,320,520,340);

hor=hor+speed;
if(hor>295)hor=295;

itoa(ver-40,slam,10);

```



```

itoa(hor-40,dunk,10);
setcolor(RED);
outtextxy(320,330,slam);
outtextxy(480,330,dunk);
insnewarrow();
setfillstyle(1,YELLOW);
setcolor(YELLOW);
line(360,420,350,385);
line(350,385,370,385);
line(370,385,360,420);
floodfill(360,400,YELLOW);

setcolor(7);
setfillstyle(1,7);
bar(10,310,200,420);
keypush(10,310,200,420);

distance();
setcolor(7);
setfillstyle(1,7);
line(360,420,350,385);
line(350,385,370,385);
line(370,385,360,420);
floodfill(360,400,7);
}
/*****/

void deloidarrow(void)
{
int ii;
delay(100);
for(ii=0;ii<5;ii++)putpixel(ver-2+ii,hor,rukawa[ii][2]);
for(ii=0;ii<5;ii++)putpixel(ver,hor+ii-2,rukawa[2][ii]);
}
/*****/

void insnewarrow(void)
{
int ii;
for(ii=0;ii<5;ii++)rukawa[ii][2]=getpixel(ver-2+ii,hor);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(ii=0;ii<5;ii++)rukawa[2][ii]=getpixel(ver,hor-2+ii);
for(ii=0;ii<5;ii++)putpixel(ver-2+ii,hor,RED);
for(ii=0;ii<5;ii++)putpixel(ver,hor-2+ii,RED);
delay(100);
}

```

/\*\*\*\*\* END OF PROGRAM \*\*\*\*\*/



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้