

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

## การพัฒนาระบบการรู้จำวัตถุโดยดูวิธีการใช้งานของวัตถุ Object Recognition Using Form and Function



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 37066  
วัน เดือน ปี 30 ธ.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่าในรูปแบบใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาระบบการรู้จำวัตถุโดยคู่วิธีการใช้งานของวัตถุ

Object Recognition Using Form and Function



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2542

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาระบบการรู้จำวัตถุ โดยคู่มือการใช้งานของวัตถุ

Object Recognition Using Form and Function

ผู้จัดทำ

1. นาย อรรถพล วิริโยภาส 4D 39014660



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศศ. ดร. เอียน ปิ่นเงิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กิตติกรรมประกาศ

ผศ.ดร. เอื้อน ปิ่นเงิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ บิดา และ มารดาที่เอาใจใส่ข้าพเจ้าเสมอมา และขอบคุณเพื่อนๆทุกท่าน

อรรถพล วิริโยภาส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2-1 ข้อมูลที่จำเป็นในแผ่น CD-ROM	6
ตารางที่ 4-1 ความรู้ที่ใช้เพื่อการจดจำวัตถุ	18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1-1 สภาพแวดล้อมของระบบ	2
รูปที่ 1-2 วัตถุที่ใช้แทนวัตถุจริงในระบบ	2
รูปที่ 2-1 ตัวระบบรับภาพ	4
รูปที่ 2-2 ลักษณะของจุดเชื่อมต่อของ Matrox Meteor RGB frame grabber	5
รูปที่ 2-3 ลักษณะทางกายภาพของกล้อง	5
รูปที่ 2-4 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างกล้องกับ PC	6
รูปที่ 2-5 ตัวอย่างของภาพที่ใช้ในการหา Cartesian coordinate	7
รูปที่ 2-6 Flowchart การทำงานของระบบ	7
รูปที่ 3-1 รูปภาพที่ใช้ในการหา Cartesian coordinate	10
รูปที่ 3-2 จุดภาพบน (ก) (ข) ที่เป็นจุดเดียวกันในโลกจริง	11
รูปที่ 3-3 ตัวอย่างของกระบวนการ Stereopsis	11
รูปที่ 3-4 โมเดลของเรขาคณิตของจุด	12
รูปที่ 3-5 โมเดลของระบบ Stereo เพื่อใช้ในการสร้างสมการเพื่อหาค่า X	14
รูปที่ 3-6 โมเดลของระบบ Stereo เพื่อใช้ในการสร้างสมการเพื่อหาค่า Y	15
รูปที่ 3-7 โมเดลของระบบ Stereo เพื่อใช้หือริยาการหาค่า Z	15
รูปที่ 3-8 โมเดลของระบบ Stereo ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อหาค่า X3 X4 และ Z1 เพื่อแทนในสมการที่ (1)	15
รูปที่ 4-1 ตัวอย่างการนิยามการใช้งานของวัตถุ	18
รูปที่ 4-2 ลักษณะความรู้แบบ relative_orientation ของวัตถุ	19
รูปที่ 4-3 กราฟที่ใช้เพื่อให้ได้ค่าวัดความเหมาะสมของความรู้	19
รูปที่ 4-4 ลักษณะความรู้แบบ dimensions ของวัตถุ	20
รูปที่ 4-5 ลักษณะความรู้แบบ proximity ของวัตถุ	20
รูปที่ 4-6 ลักษณะความรู้แบบ stability ของวัตถุ	21
รูปที่ 4-7 ลักษณะความรู้แบบ clearance ของวัตถุ	21
รูปที่ 4-8 ลักษณะความรู้แบบ enclosure ของวัตถุ	22
รูปที่ 4-9 รูปแบบของกราฟที่นำมาใช้วัดค่าความเหมาะสมของความรู้	22
รูปที่ 4-10 การนิยามประเภทของวัตถุโดยใช้แผนภูมิต้นไม้	24
รูปที่ 4-11 ตัวอย่างการระบุวิธีการใช้งานของแต่ละประเภทของวัตถุที่จะทำการจดจำ	25
รูปที่ 4-12 Flowchart การทำงานของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ของวัตถุ	26
รูปที่ 4-13 ตัวอย่างการนำค่าความเหมาะสมมาใช้งาน	27
รูปที่ 5-1 Class Diagram ของระบบ	28
รูปที่ 5-2 Use Case Diagram ของระบบ	30
รูปที่ 5-3 Sequence Diagram ของระบบ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	หน้าที่
รูปที่ 6-1 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 1	32
รูปที่ 6-2 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 1	32
รูปที่ 6-3 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 1	32
รูปที่ 6-4 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 1	33
รูปที่ 6-5 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 1	33
รูปที่ 6-6 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 2	33
รูปที่ 6-7 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 2	33
รูปที่ 6-8 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 2	34
รูปที่ 6-9 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 2	34
รูปที่ 6-10 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 2	34
รูปที่ 6-11 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 3	34
รูปที่ 6-12 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 3	34
รูปที่ 6-13 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 3	35
รูปที่ 6-14 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 3	35
รูปที่ 6-15 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 3	35
รูปที่ 6-16 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 4	36
รูปที่ 6-17 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 4	36
รูปที่ 6-18 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 4	36
รูปที่ 6-19 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 4	36
รูปที่ 6-20 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 4	37
รูปที่ 6-21 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 5	37
รูปที่ 6-22 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 5	37
รูปที่ 6-23 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 5	37
รูปที่ 6-24 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 5	38
รูปที่ 6-25 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 5	38
รูปที่ 6-26 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 6	38
รูปที่ 6-27 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 6	38
รูปที่ 6-28 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 6	39
รูปที่ 6-29 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 6	39
รูปที่ 6-30 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 6	39
รูปที่ 6-31 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 7	40
รูปที่ 6-32 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 7	40
รูปที่ 6-33 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 7	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
รูปที่ 6-34 กราฟของค่า $Y$ ที่ได้จากการทดลองที่ 7	40
รูปที่ 6-35 กราฟของค่า $Z$ ที่ได้จากการทดลองที่ 7	41
รูปที่ 6-36 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 8	41
รูปที่ 6-37 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 8	41
รูปที่ 6-38 กราฟของค่า $X$ ที่ได้จากการทดลองที่ 8	41
รูปที่ 6-39 กราฟของค่า $Y$ ที่ได้จากการทดลองที่ 8	42
รูปที่ 6-40 กราฟของค่า $Z$ ที่ได้จากการทดลองที่ 8	42
รูปที่ 6-41 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 9	42
รูปที่ 6-42 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 9	42
รูปที่ 6-43 กราฟของค่า $X$ ที่ได้จากการทดลองที่ 9	43
รูปที่ 6-44 กราฟของค่า $Y$ ที่ได้จากการทดลองที่ 9	43
รูปที่ 6-45 กราฟของค่า $Z$ ที่ได้จากการทดลองที่ 9	43
รูปที่ 6-46 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 10	44
รูปที่ 6-47 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 10	44
รูปที่ 6-48 กราฟของค่า $X$ ที่ได้จากการทดลองที่ 10	44
รูปที่ 6-49 กราฟของค่า $Y$ ที่ได้จากการทดลองที่ 10	44
รูปที่ 6-50 กราฟของค่า $Z$ ที่ได้จากการทดลองที่ 10	45
รูปที่ 6-51 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 11	45
รูปที่ 6-52 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 11	45
รูปที่ 6-53 กราฟของค่า $X$ ที่ได้จากการทดลองที่ 11	45
รูปที่ 6-54 กราฟของค่า $Y$ ที่ได้จากการทดลองที่ 11	46
รูปที่ 6-55 กราฟของค่า $Z$ ที่ได้จากการทดลองที่ 11	46
รูปที่ 6-56 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 12	46
รูปที่ 6-57 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 12	46
รูปที่ 6-58 กราฟของค่า $X$ ที่ได้จากการทดลองที่ 12	47
รูปที่ 6-59 กราฟของค่า $Y$ ที่ได้จากการทดลองที่ 12	47
รูปที่ 6-60 กราฟของค่า $Z$ ที่ได้จากการทดลองที่ 12	47
รูปที่ 6-61 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูปเป็น False	48
รูปที่ 6-62 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูปเป็น True	48
รูปที่ 6-63 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูปเป็น True	48
รูปที่ 6-64 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูปเป็น False	48
รูปที่ 6-65 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True	48
รูปที่ 6-66 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	หน้าที่
รูปที่ 6-67 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True	49
รูปที่ 6-68 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป False	49
รูปที่ 6-69 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True	49
รูปที่ 6-70 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True	49
รูปที่ 6-71 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True	49
รูปที่ 6-72 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True	49
รูปที่ ก-1 แสดงลักษณะของกราฟที่ผิดพลาด	52
รูปที่ ก-2 แสดงลักษณะของกราฟที่ผิดพลาด	53
รูปที่ ก-3 แสดงลักษณะของกราฟที่ถูกต้อง	53
รูปที่ ข-1 ระบายที่สร้างจากการประมาณ โดย Multiple Linear Regression	55
รูปที่ ค-1 แสดงระบบของเลนส์	56
รูปที่ ค-2 แสดงลักษณะการทำงานของเลนส์	57
รูปที่ ค-3 โมเดลของเรขาคณิตของเลนส์	58
รูปที่ ง-1 เรขาคณิตของภาพภาพ	59

# บทที่ 1

## บทนำ

ในปัจจุบันนี้ เครื่องคอมพิวเตอร์ถูกพัฒนาให้มีความฉลาดมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการหลายด้านของมนุษย์ หนึ่งในความต้องการเหล่านั้นคือ การจดจำและตีความหมายของวัตถุที่อยู่ในภาพ ซึ่งวิธีการที่ใช้มีหลายวิธีเช่น Invariant Properties and Feature Spaces, Parts and Structure Descriptions, The Alignment Approach[Ullman 1] โดยวิธีที่กล่าวมาจะใช้แนวคิดคือการนำโครงสร้างของวัตถุที่ถูกเก็บไว้มาเปรียบเทียบกับวัตถุที่อยู่ในภาพ ซึ่งข้อเสียคือ เราไม่สามารถเก็บโครงสร้างของวัตถุประเภทเดียวกันครบได้ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวิธีการจดจำวัตถุโดยพิจารณาจากวิธีการใช้งานวัตถุแทน ซึ่งจะไม่มีผลต่อวัตถุที่มีโครงสร้างต่างกันแต่เป็นชนิดเดียวกัน

วิธีการจดจำวัตถุโดยพิจารณาจากวิธีการใช้งานวัตถุ เป็นวิธีที่เกิดขึ้นเมื่อปี 1994 ค.ศ. ภายใต้โครงการ GRUFF ซึ่งสิ่งที่ทำให้วิธีการนี้สามารถแก้ไขข้อเสียข้างต้นได้คือ การนิยามวัตถุโดยใช้การใช้งานของวัตถุนั้น ตัวอย่างเช่น เราสามารถนิยามแก้วน้ำได้เป็นดังนี้ สามารถบรรจุน้ำได้ สามารถถือได้ ซึ่งจากการนิยามข้างต้นนี้จะไม่ได้รับอิทธิพลของโครงสร้างของวัตถุนั้นในการจดจำ

### 1.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้แบ่งสิ่งที่ศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ Triclop Stereo Vision system ซึ่งเป็นระบบการรับ Input จากสภาพแวดล้อมเพื่อนำมาประมวลผล และ ระบบการรู้จำวัตถุ

ในส่วนของ Triclop Stereo Vision system ผลลัพธ์ที่เราต้องการคือ Cartesian coordinate ที่ใช้แทนวัตถุที่สนใจ โดยขั้นตอนที่จะให้ได้มาดังนี้ 1. รับภาพจากเลนส์ด้านซ้ายและขวา 2. คัดเลือกวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพซึ่งทำทั้งซ้ายและขวา 3. ทำ Stereopsis ของภาพทั้ง 2 นั้น ซึ่งขั้นตอนที่ 1 นั้นจะใช้ function ของกล้อง ขั้นตอนที่ 2 นี้จะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อดึงวัตถุที่สนใจออกมาจากภาพโดยใช้วิธีที่เรียกว่า Entropy [10] ขั้นตอนที่ 3 จะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อหาจุดที่ correspond กันระหว่าง 2 ภาพ (ภาคผนวก ง)อันจะทำให้ได้ค่า Cartesian coordinate ออกมาเพื่อให้ข้อมูลแก่ระบบการรู้จำ

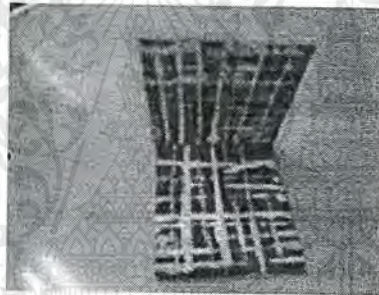
ส่วนของระบบการรู้จำวัตถุ จุดประสงค์คือทำการแยกแยะระหว่างวัตถุที่เป็น แก้วและ โตะ โดยวิธีการที่ใช้จะอยู่ในจำพวก Function-Base Recognition ที่เรียกว่า Generic Object Recognition Using Form and Function[Stark , Bowyer 2] และจะอธิบายถึงขั้นตอนของกระบวนการรู้จำซึ่งสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ 1. ทำการสร้างระนาบจากค่า Cartesian coordinate ที่ได้มา 2. นำระนาบเหล่านั้นมาวิเคราะห์โดยดูความสามารถที่ระนาบเหล่านั้นสามารถแทนวิธีการใช้งานวัตถุได้ ซึ่งขั้นตอนที่ 1 จะใช้วิธี

Multiple Linear Regression(ภาคผนวก ข) เพื่อสร้างระนาบขึ้นมา และขั้นตอนที่ 2 ใช้ Form และ Function ของวัตถุที่ทำการนิยามไว้มาตรวจสอบกับข้อมูลที่ได้จากข้อ 1

เพื่อให้การรู้จำเป็นไปโดยง่าย จะมีการกำหนดสภาพแวดล้อมขึ้นมาโดยสภาพแวดล้อมจะเป็นดังรูปที่ 1-1 และรูปแบบของวัตถุที่จะนำมาใช้ในการรู้จำเป็นดังรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-1 สภาพแวดล้อมของระบบ



รูปที่ 1-2 วัตถุที่ใช้แทนวัตถุจริงในระบบ

## 1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

### 1.2.1 อุปกรณ์ทั่วไป

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผล(CPU)ความเร็ว 266 MHz
2. หน่วยความจำหลัก(Main Memory) 98 MB
3. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window 98

### 1.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับภาพ

1. กล้องซึ่งมีเลนส์อย่างน้อย 2 เลนส์ ซึ่งเราจะใช้ Triclop Stereo Vision system
2. อุปกรณ์ที่รับข้อมูลจากกล้องส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเราจะใช้ Matrox Meteor Frame Grabber

### 1.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบการรู้จำวัตถุ

1. โปรแกรม Microsoft Visual C++ 6.0
2. โปรแกรม Borland Delphi 4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 1.3 โครงร่างของงานวิจัย

รายละเอียดของงานวิจัยประกอบด้วยบทต่างๆดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

จะกล่าวถึงความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

บทที่ 2 Triclop Stereo Vision system

จะกล่าวถึงวิธีการรับภาพจากสภาพแวดล้อมและนำข้อมูลที่ได้ออกมาหา Cartesian coordinate เพื่อส่งข้อมูลให้ระบบการรู้จำต่อไป

บทที่ 3 Stereopsis

จะอธิบายถึงแนวคิดของการหา Cartesian coordinate

บทที่ 4 ทฤษฎีการรู้จำวัตถุโดยดูวิธีการใช้งานวัตถุ(Object Recognition Using Form and Funciton)

จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ Knowledge Primitive แสดงการใช้งานของวัตถุ การแบ่งวัตถุออกเป็นต้นไม้ กระบวนการวิเคราะห์เพื่อหาว่าวัตถุคือ โหนด(Node)ใดในต้นไม้ นั้น โดยพิจารณาจากค่าความเหมาะสมของแต่ละ โหนด(Measure)

บทที่ 5 การออกแบบตัวโปรแกรมที่ใช้ในการรู้จำ โดยใช้ UML

จะกล่าวถึงการออกแบบระบบการรู้จำ โดยใช้วิธี Object-Oriented Design ซึ่งจะแสดง Class Diagram และยังกล่าวถึงลำดับการคุยกันของ Object โดยใช้ Sequence Diagram

บทที่ 6 ผลการทดลอง

จะกล่าวถึงผลที่ได้จาก Triclop Stereo Vision system โดยใช้โมเดล(Model)แบบต่างๆ ทดสอบซึ่งผลที่ออกจะถูกแสดงด้วยกราฟและยังกล่าวถึงผลของการรู้จำจากข้อมูลที่ได้จาก Triclop Stereo Vision system

บทที่ 7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จะวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของผลที่ได้กับขั้นตอนในทฤษฎีและหาปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดของทั้งขั้นตอนรับข้อมูลจากสภาพแวดล้อมและขั้นตอนการรู้จำ

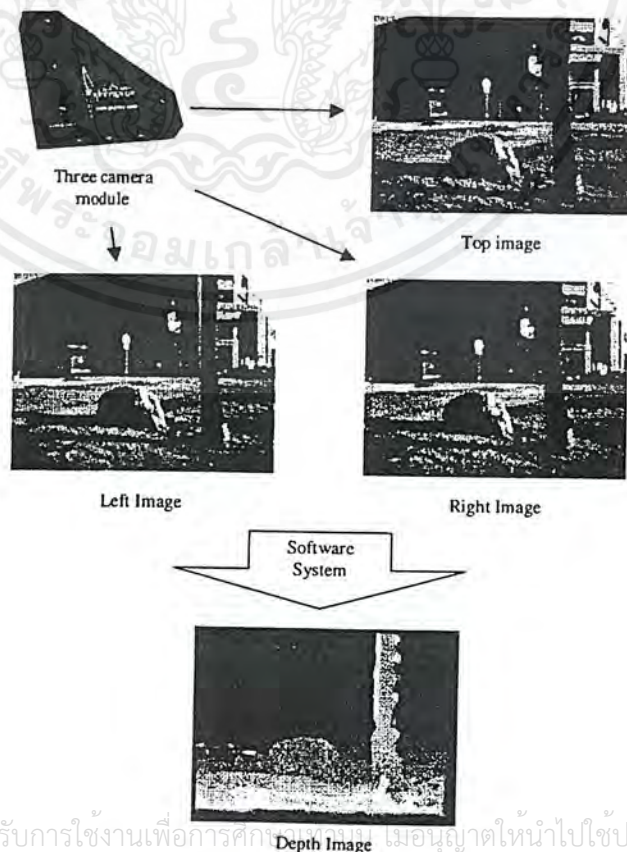
## บทที่ 2

### Triclop Stereo Vision system

เป็นระบบรับภาพที่ประกอบด้วยเลนส์ 3 เลนส์และระบบ Software ซึ่งจะทำการประมวลผลภาพ เช่นการหาขอบ การลดสัญญาณรบกวนของภาพ การหา Cartesian coordinate ของภาพอ้างอิง (Stereoposis) โดยจะใช้ภาพจากเลนส์ ซึ่งวิธีการ ได้ภาพมาใช้งานในระบบคอมพิวเตอร์นั้น ตัวระบบรับภาพจะรับภาพจากสภาพแวดล้อมมาในรูปแบบ(Format)ของ Gray-Level กล่าวคือค่าสีของแต่ละพิกเซล (Pixel)จะมีค่าตั้งแต่ 0-255 หลังจากได้ภาพจากระบบรับภาพแล้ว ภาพที่ได้จะถูกเก็บในหน่วยความจำ (Memory)ซึ่งระบบคอมพิวเตอร์ก็จะสามารถนำไปใช้งานได้

โดยในการใช้งานจริงนั้น เนื่องจากค่า Cartesian coordinate ของภาพที่อ้างอิงไม่สมกับความเป็นจริงดังนั้นจึงทำระบบหาค่า Cartesian coordinate ขึ้นมาใหม่โดยวิธีการที่ใช้จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

รูปที่ 2-1 จะแสดงถึงตัวระบบรับภาพโดยภาพทั้ง 3 ภาพสามารถรับเข้ามาจากสภาพแวดล้อมได้พร้อมกัน และรูป Depth Image นั้นจะแสดงถึงค่า Disparity โดยค่าที่ต่ำจะแสดงว่าความห่างของจุดพิกเซลนั้น ไกลกว่าค่าที่จุดพิกเซลเป็นสีขาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเหมือนญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและนำข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



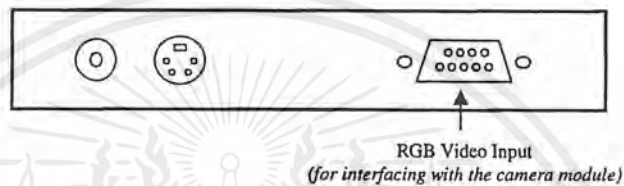
## 2.1 การติดตั้ง Hardware

การติดตั้ง Hardware ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งการ์ดที่ติดกับคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมกับตัวกล้อง
2. เชื่อมตัวกล้องเข้ากับการ์ดและอุปกรณ์จ่ายไฟ

### 2.2.1 ติดตั้งการ์ดที่ติดกับคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมกับตัวกล้อง

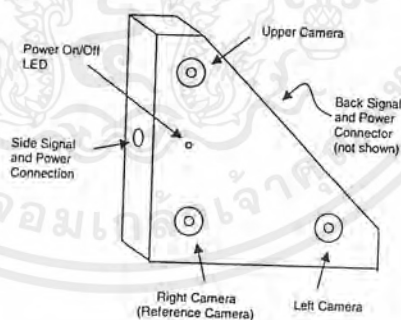
การ์ดที่ติดตั้งเราจะเรียกว่า Matrox Meteor RGB frame grabber ซึ่งจะทำหน้าที่รับภาพมาจากกล้อง การติดตั้งนี้คือ PCI การติดตั้งนี้วิธีการติดตั้งจึงเหมือนกับการ์ด PCI ทั่วไป รูปที่ 2-2 จะอธิบายถึงลักษณะจุดเชื่อมต่อของ RGB video input จะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับตัวกล้อง



รูปที่ 2-2 ลักษณะของจุดเชื่อมต่อของ *Matrox Meteor RGB frame grabber*

#### 2.2.1.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของกล้อง

กล้องประกอบด้วยเลนส์ที่ให้ภาพออกมาเป็น gray-scale 3 ตัว โดยเป็นเลนส์ประเภท CCD รูปที่ 2-3 จะแสดงถึงลักษณะกายภาพของกล้อง



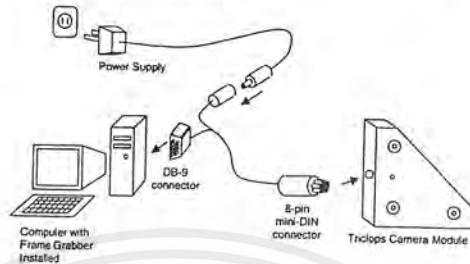
รูปที่ 2-3 ลักษณะทางกายภาพของกล้อง

### 2.2.2 เชื่อมตัวกล้องเข้ากับการ์ดและอุปกรณ์จ่ายไฟ

เราจะใช้สาย video เพื่อเชื่อมต่อระหว่างตัวกล้องกับคอมพิวเตอร์ซึ่งสาย video นี้โดยสายนี้ประกอบด้วยปลายด้านหนึ่งมีหัวต่ออันเดียวซึ่งเป็นประเภท 8-pin mini DIN จะถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อกับตัวรับภาพ และอีกด้านมีหัวต่อ 2 อัน เป็นประเภท 9-pin male DB-9 จะถูกใช้เพื่อเชื่อมเข้าพอร์ตคอนนุกรม(Serial Port)ของคอมพิวเตอร์ และหัวต่อที่เชื่อมต่อกับแหล่งกำเนิดไฟ

เมื่อเราเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้วจะมีแสงสีแดงขึ้นที่ตัวกล้อง ซึ่งการปิดเปิดไฟสีแดงนี้ เนื่องจากกล้องไม่มีสวิตช์ปิดเปิด เราจึงสามารถทำการปิดเปิดได้โดยการเชื่อมต่อหรือไม่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟเท่านั้น

โดยที่รูปที่ 2-4 จะแสดงถึงการใช้สาย video เพื่อการเชื่อมต่อ



รูปที่ 2-4 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างกล้องกับ PC

## 2.2 การติดตั้ง Software

ขั้นแรกเราต้องเลือก Directory เพื่อทำการก๊อปปี้ไฟล์ที่อยู่ในตารางที่ 2-1 ซึ่งสามารถหาได้จาก CD-ROM ที่แนบมากับ Triclop Stereo Vision system ลงไปไว้ใน Directory นั้น ซึ่งเราจะอ้างอิง Directory นั้นคือ %TRICLOPS\_PATH% โดยที่ใน %TRICLOPS\_PATH%\examples จะประกอบด้วยตัวอย่างการใช้ function ต่างๆใน library ของ Triclop Stereo Vision system

Subdirectory	Contents
Calib	ใน directory นี้จะประกอบไปด้วยไฟล์ที่เรียกว่า calibration file ซึ่งจะถูกใช้เมื่อเรา grab ภาพจากสภาพแวดล้อม
Demo	ใน directory นี้จะประกอบด้วยโปรแกรมทดลองการใช้งาน Triclop Stereo Vision system
Dll	ใน directory นี้จะประกอบด้วย dynamic link libraries ที่ใช้ Triclop Stereo Vision system
Drivers	ใน directory นี้จะประกอบด้วย Matrox Meteor drivers
Examples	ใน directory นี้จะประกอบด้วยตัวอย่างโปรแกรมที่นำ Triclop API มาใช้งาน
Include	ใน directory นี้จะประกอบด้วย include files ซึ่งจะต้องใช้เมื่อ compile code ที่ใช้ Triclop API
Lib	ใน directory นี้จะประกอบด้วย Triclop grabbing display libraries ของ Triclop Stereo Vision system
Src	ใน directory นี้จะประกอบด้วย source code ของ grabbing และ display libraries โดยในการ compile library เหล่านี้ต้องมี Matrox Imaging Library(MIL หรือ MIL-Lite)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ตารางที่ 2-1 ข้อมูลที่อ่านเป็นในแผ่น CD-ROM  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 วิธีการได้ค่า Cartesian coordinate จากภาพมาใช้งาน

แนวคิดของการหา Cartesian coordinate มีดังนี้

1. เลือกพิกเซลของภาพซ้ายและขวาที่เป็นจุดเดียวกันในโลกจริง
2. คำนวณค่า Cartesian coordinate โดยพิจารณาจากค่าของ Row, Col ของพิกเซลที่กล่าวมาข้างต้น

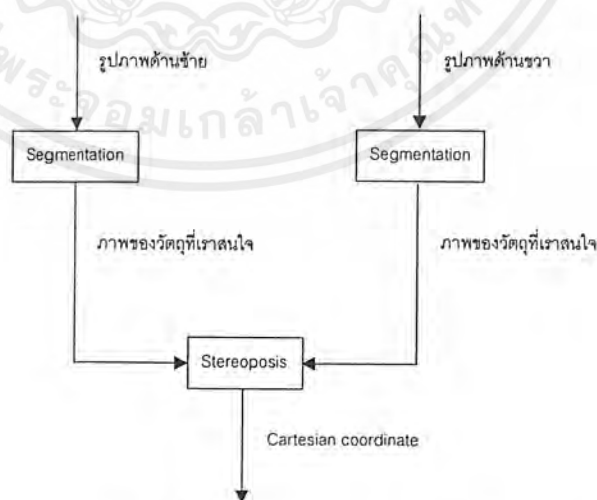
จากแนวคิดข้างต้นเราสามารถแสดงให้เห็นเป็นรูปธรรมดังรูปที่ 2-5 จะเป็นรูปที่ได้จากตัวกล้องโดยเป็นภาพที่ขนานกับระดับพื้นผิวโลก ดังนั้นจุดจริงๆของโลกจะไปปรากฏที่ตำแหน่งที่แตกต่างกันบนภาพในระดับตามขวาง สามารถพิจารณาตัวอย่างได้จากจุด A และ B ของโลกจะปรากฏบน Aleft, Bleft บนภาพด้านซ้ายและปรากฏบน Aright, Bright ของภาพด้านขวา ดังนั้นเมื่อเราทราบตำแหน่งแล้วเราก็สามารถหา Cartesian coordinate ของจุด A และ B ได้โดยจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป



รูปที่ 2-5 ตัวอย่างของภาพที่ใช้ในการหา Cartesian coordinate

#### 2.3.1 Flowchart การทำงานของโปรแกรม

รูปที่ 2-6 คือ Flowchart การทำงานของระบบเมื่อมีข้อมูลเข้าคือรูปภาพด้านซ้ายและขวา และผลลัพธ์ที่ได้คือ Cartesian coordinate



รูปที่ 2-6 Flowchart การทำงานของระบบ

### 2.3.2 วิธีการดึงวัตถุที่สนใจจากภาพ(Segmentation)และปัญหาที่เกิดขึ้น

โดยรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไปนี้  
เนื่องจากภาพที่เราได้จากสภาพแวดล้อมจะประกอบด้วยวัตถุที่เราสนใจและฉากดังนั้น  
เพื่อประโยชน์ในการนำวัตถุไปใช้เราจึงต้องมีการทำ Segmentation ภาพเพื่อตัดสิ่งที่ไม่สนใจ  
ออกไป

วิธีการดึงวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพที่เราจะกล่าวถึงนี้เราจะเรียกว่า Grey-level  
Segmentation หรือการหาค่า thresholding เพื่อเป็นจุดที่แบ่งค่าของพิกเซลที่เป็นฉากกับวัตถุโดย  
ผลลัพธ์ของการทำจะอยู่ในรูปของภาพที่มีค่าของพิกเซลเพียง 2 ค่าคือขาวกับดำ ซึ่งภาพที่ได้ต้องมี  
ข้อมูลของวัตถุที่เราสนใจให้ครบถ้วนมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่ง รูปทรงของวัตถุ การนำวิธี  
นี้มาใช้จะต้องอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าตัววัตถุจะต้องมีค่าของพิกเซลที่ใกล้เคียงกันจึงสามารถทำการ  
ดึงวัตถุที่เราสนใจออกมาได้อย่างถูกต้อง

วิธีการแบ่งวัตถุจากฉากโดยใช้ thresholding นี้ จะมีการกำหนดจุด threshold เพื่อ  
แบ่งค่าพิกเซลออกเป็นขาวกับดำโดยมีรายละเอียดในการพิจารณาดังนี้ ค่าของพิกเซลที่ต่ำกว่าจุด  
threshold จะถูกแทนด้วยค่าสีดำ ส่วนพิกเซลที่มีค่าสูงกว่าจุด threshold จะถูกแทนด้วยสีขาว ดัง  
นั้นปัญหาของเราคือการเลือกจุด threshold ที่เหมาะสม

การเลือกค่า threshold ที่เหมาะสมนั้นจะถูกคำนวณโดยใช้ค่าของพิกเซลในภาพนั้น ซึ่ง  
เราจะต้องจัดข้อมูลที่เป็นค่าของพิกเซลในภาพให้อยู่ในรูปของ Histogram แล้วเลือกจุดของค่าพิก  
เซลที่ทำให้เกิดค่าต่ำสุดภายใน Histogram นั้น แต่ก็อาจเกิดปัญหาขึ้นได้เช่นหากมีค่าที่ทำให้  
Histogram สูงมีหลายค่าเราจะเลือก threshold จากจุดต่ำสุดที่มีหลายค่าอันใดดี ทางเลือกอีกทาง  
หนึ่งคือการหาจุด threshold โดยใช้ Entropy[10]

Entropy คือค่าที่ใช้วัดตัวข้อมูล โดยสมมุติว่ามีสัญลักษณ์ที่ใช้ได้  $N$  ตัวและสัญลักษณ์ที่  
 $I$  มีความน่าจะเป็นที่จะพบเป็น  $p(x_i)$  ดังนั้น Entropy ที่สัมพันธ์กับสัญลักษณ์  $X$  คือ

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i)$$

โดยวิธีการที่นำเอา Entropy มาใช้ในการหาจุด threshold จะใช้วิธีการหา Entropy  
ของพิกเซลที่เป็นส่วนสีดำและส่วนสีขาวหลังจากนั้นจึงนำมาพิจารณา โดยให้  $H_b$  แทน  
Entropy ของส่วนที่เป็นสีดำ และ  $H_w$  แทน Entropy ของส่วนที่เป็นสีขาว จุดที่เป็น threshold  
คือจุดที่ทำให้ค่า  $H_b$  รวมกับค่า  $H_w$  ได้ค่าสูงที่สุดโดยค่าทั้ง 2 สามารถคำนวณโดยใช้  
สมการดังต่อไปนี้

$$H_b = -\sum_{i=0}^l \frac{P_i}{P_t} \log \left( \frac{P_i}{P_t} \right)$$



$$H_w = -\sum_{i=1}^{255} \frac{P_i}{1-P_i} \log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right)$$

$$P_i = \sum_{i=0}^i p_i \quad p_i \text{ คือค่าความน่าจะเป็นที่จะเจอพิกเซลที่ } i \text{ ในภาพ}$$

ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนคือค่า threshold ที่ได้ ไม่สามารถแบ่งวัตถุกับฉากออกจากกัน อย่างเด็ดขาดเนื่องจาก ระบบการจัดแสงในสภาพแวดล้อมที่เราสร้างขึ้น ไม่ดีเพียงพอจึงทำให้เกิด มีบางส่วนของฉากมืดลงซึ่งตรงบริเวณนี้จะไปกลืนเข้ากับตัววัตถุเมื่อทำการ Segmentation ดังนั้น เราสามารถแก้ไขได้โดย เมื่อเราได้ค่า threshold มาเราต้องมีการรวมกับค่าผิดพลาดเพื่อลบพื้นที่ที่มีคของภาพออกไป ซึ่งค่าผิดพลาดนี้สามารถหาได้มาจากการทดลอง ดังนั้นเวลาสร้างสภาพแวดล้อมเพื่อทำการดึงวัตถุให้ง่ายขึ้นเราต้องทำให้สีของวัตถุและฉากมีความแตกต่างกันมากที่สุด

### 2.3.3 วิธีการได้ค่า Cartesian coordinate จากภาพที่ Segmentation

เราสามารถเรียกวิธีการหา Cartesian coordinate ว่าการทำ Stereopsis โดยหมายความถึง ความสามารถที่จะอ้างอิงตำแหน่งในรูปแบบสามมิติได้โดยใช้ภาพอย่างน้อย 2 ภาพถ่ายในมุมมองที่แตกต่างกัน

โดยในรายละเอียดของวิธีการจะถูกกล่าวถึงในบทต่อไป



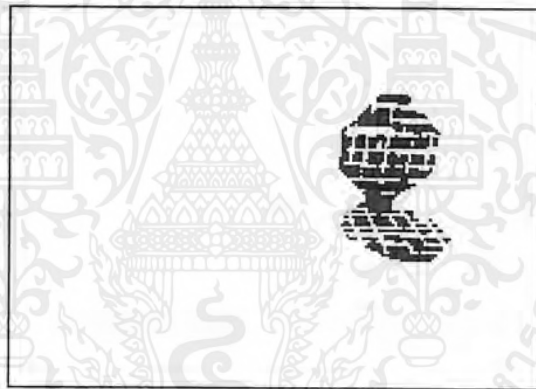
### บทที่ 3

#### Stereopsis

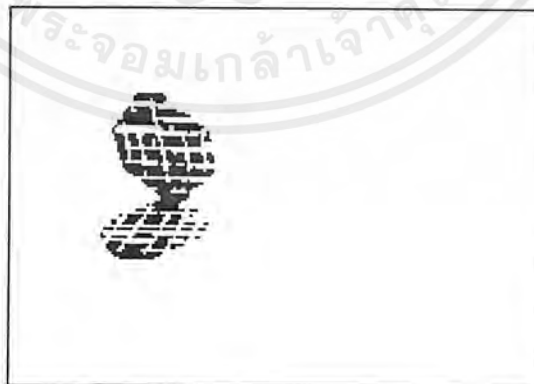
Stereopsis เป็นกระบวนการที่ทำให้เราสามารถอ้างอิงตำแหน่งของวัตถุในรูปแบบสามมิติได้โดยพิจารณาจากภาพอย่างน้อย 2 ภาพโดยภาพเหล่านั้นถ่ายในมุมมองที่แตกต่างกัน

ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงปัญหาในการทำ Stereopsis และวิธีการที่จะให้ได้ระยะของวัตถุมาโดยใช้ภาพ 2 ภาพ

ดังรูปที่ 3-1(ก) คือรูปด้านซ้ายซึ่งเป็นรูปอ้างอิงและ รูปที่ 3-1(ข) คือรูปด้านขวาซึ่งเป็นรูปซึ่งใช้ประกอบกับรูปด้านซ้ายเพื่อหา Cartesian coordinate ของภาพอ้างอิงรูปที่ 3-1(ก)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-1 รูปภาพที่ใช้ในการหา Cartesian coordinate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 บทนำ

#### 3.1.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำ Stereo

ปัญหาที่ทำให้เกิดความยากขึ้นตอน Stereopsis มีอยู่ด้วยกัน 2 ปัญหาคือ

1. เราจะหาจุดของภาพที่ต่างกันที่แสดงถึงจุดของวัตถุเดียวกันในระบบจริงได้อย่างไร ตัวอย่างคือรูปที่ 3-2 ในความเป็นจริงเมื่อลองอ้างอิงกับตาของมนุษย์นั้นจะพบว่ามีส่วนหนึ่งของภาพจากตาด้านซ้ายที่ไม่ปรากฏบนภาพของตาด้านขวาในทางกลับกันก็เป็นเช่นเดียวกันคือบางพื้นที่ของภาพจากตาด้านขวาจะไม่ปรากฏบนภาพของตาด้านซ้าย ดังนั้นระบบ Stereo ของเราต้องสามารถระบุพื้นที่เหล่านี้ให้ได้



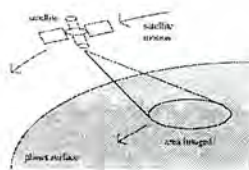
(ก)



(ข)

รูปที่ 3-2 จุดภาพบน (ก) (ข) ที่เป็นจุดเดียวกันในโลกจริง

2. เมื่อเราทราบจุดของภาพที่แสดงถึงจุดของวัตถุเดียวกันแล้ว เราจะสามารถหา Cartesian coordinate ของจุดของวัตถุเหล่านั้นได้อย่างไร วิธีการหาเราต้องทราบเรขาคณิต(geometry)ของกล้อง(ภาคผนวก ก) คุณสมบัติของเลนส์เช่นระยะโฟกัส(focal length) (ภาคผนวก ค) ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการรับภาพผ่าน CCD เป็นต้น เมื่อเราทราบค่าเหล่านี้ก็จะทำให้การคำนวณค่า Cartesian coordinate มีความแม่นยำยิ่งขึ้น แต่ในกรณีการใช้งานจริงค่าเหล่านี้บางค่าอาจไม่ทราบดังนั้นต้องหาโดยการทำการทดลองซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป รูปที่ 3-3 (ค) จะกล่าวถึงผลที่ได้จากการทำ Stereopsis



(ก)



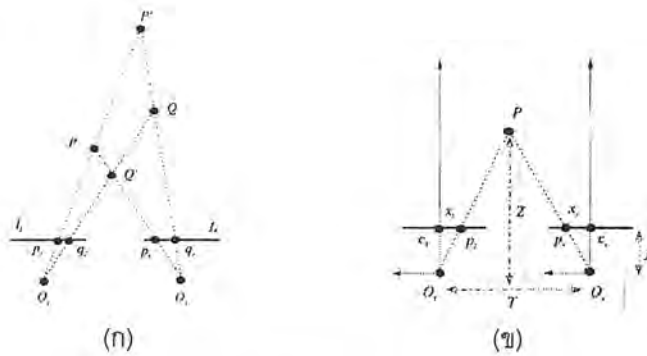
(ข)



(ค)

รูปที่ 3-3 ตัวอย่างของกระบวนการ Stereopsis

### 3.1.2 ระบบ Stereopsis อย่างง่าย



รูปที่ 3-4 โมเดลของเรขาคณิตของจุด

ในงานวิจัยนี้จะทำ Stereopsis โดยมีโมเดลดังรูปที่ 3-4 โดยโมเดลดังรูป (ก),(ข) จะเป็นการมองดูระบบในระดับการมองจากข้างบน(Top View) โดย  $I_l$  และ  $I_r$  คือภาพที่ปรากฏทางด้านซ้ายและขวาตามลำดับ  $O_l$  และ  $O_r$  คือจุดโฟกัสของเลนส์ทางด้านซ้ายและขวาตามลำดับ  $p_l, p_r, q_l, q_r$  คือ projection ของจุด  $p$  และ  $q$  บนภาพซ้ายและขวาตามลำดับ

หนทางที่จะให้ได้ตำแหน่งของ  $P$  และ  $Q$  คือการใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้าย โดยการสร้างสามเหลี่ยมคล้ายขึ้นมาเราจะพบกับปัญหาข้อที่ 1 คือเราจะเลือกจุดใดเพื่อแทนจุดทางโลกจริงที่เหมือนกัน สามารถแสดงตัวอย่างของปัญหาได้ดังนี้ กล่าวคือถ้าเราเลือก  $p_l, p_r$  เป็นจุดของภาพซ้ายและขวาซึ่งแสดงถึงจุด  $P$  เดียวกัน เราสามารถได้ว่าจุด  $P$  อยู่ที่ใดโดยการลากรังสีที่เกิดจากจุดโฟกัสของทางด้านซ้ายพาดผ่าน  $p_l$  ไปตัดกับรังสีที่เกิดจากจุดโฟกัสของทางด้านขวาลากผ่าน  $p_r$  ซึ่งก็คือจุด  $P$  เมื่ออ้างอิงกับรูปที่ 3-4(ก) ซึ่งเป็นจุดที่ถูกต้อง แต่ถ้าเราเลือกจุดที่แทนจุดเดียวกันในโลกจริงผิดคือเลือก  $p_l, p_r$  จะพบว่าจุดที่ตัดกันของรังสีคือจุด  $p$  ซึ่งจะทำให้เกิดการแปลค่ามาเป็น Cartesian coordinate ที่ผิดพลาดได้

พิจารณารูปที่ 3-4(ข) เราสามารถสร้างสมการเพื่อหาระยะห่างของจุดของวัตถุในโลกจริงในแนวตั้งฉากเมื่อสัมพันธ์กับผู้ดูได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{T}{Z} = \frac{(T - (x_l + x_r))}{(Z - f)}$$

ดังนั้นเราสามารถหาค่า  $Z$  ได้ดังนี้

$$Z = f \frac{T}{d}$$

โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 $d = x_l + x_r$   
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 3.2 การแก้ปัญหาของการหาจุดที่แสดงถึงจุดในโลกจริงเดียวกัน

ภายใต้วิธีการแก้ปัญหาที่จะนำเสนอต่อไปนี้ต้องอยู่บนข้อสมมุติที่ว่า

1. จุดของวัตถุต้องสามารถเห็นได้ทั้งมุมมองด้านซ้ายและขวา
2. จุดของวัตถุจะต้องไปปรากฏที่ภาพด้านซ้ายและขวาด้วยค่าความเข้มที่เท่ากัน

สมมุติฐานข้างต้นจะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อจุดตัดของวัตถุจะต้องอยู่ห่างจากภาพอ้างอิงมากกว่าระยะห่างของจุดโฟกัสของเลนส์ด้านซ้ายและด้านขวามาก ปัญหาการหาจุดที่ถูกต้องบนภาพทั้ง 2 ภาพก็คือปัญหาที่เราจะต้องเลือกจุดบนภาพด้านซ้าย แล้วทำการหาจุดบนภาพด้านขวาที่แสดงถึงจุดของวัตถุเดียวกัน ดังนั้นเราสามารถสรุปปัญหาที่จะทำการแก้ออกเป็น 2 ข้อ

1. จุดใดในภาพด้านขวาที่ควรเลือก
2. สิ่งใดที่จะนำมาตัดสินใจว่าควรเลือกจุดส่วนใด

ในที่นี้เราจะเสนอวิธีการแก้ปัญหาด้วยแนวคิด 2 แบบวิธี correlation-based และ feature-based ซึ่งวิธี correlation-based จะพิจารณา โดยใช้จุดภาพทุกจุดแต่ function-based จะทำการเลือกเฉพาะบางจุดของภาพเท่านั้นเพื่อนำมาพิจารณา

#### 3.2.1 วิธี Correlation-Based

เราจะมีการใช้หน้าต่าง(windows)ที่มีขนาดตายตัว เพื่อทำหน้าที่ในการคัดเลือกจุดภาพเพื่อทำการทดสอบ โดยจะมีตัววัดเพื่อบอกว่าหน้าต่างหนึ่งเหมาะสมกับอีกหน้าต่างหนึ่งหรือไม่ ซึ่งสิ่งนี้จะแสดงให้เห็นว่ามันคือพื้นที่เดียวกันในโลกจริงหรือไม่

สามารถแสดงวิธีการทำได้ดังนี้

Algorithm

รับภาพด้านซ้าย ( $I_l$ ) และขวาเข้ามา ( $I_r$ )

ให้  $p_l, p_r$  เป็นพิกเซลของภาพด้านซ้ายและขวาตามลำดับ ความกว้างของหน้าต่างคือ  $2*W+1$  พื้นที่ของภาพที่ต้องการหาคือ  $R(p_l)$  ซึ่งเป็นพื้นที่ของภาพด้านขวาที่สัมพันธ์กับ  $p_l$  และ  $\Psi(u, v)$  คือ ฟังก์ชัน(function) ของค่าพิกเซล 2 ค่า

สำหรับแต่ละ  $p_l = [i, j]^T$  ของภาพด้านซ้าย:

1. สำหรับแต่ละค่า  $d = [d_1, d_2]^T \in R(p_l)$  จะถูกคำนวณโดยใช้สมการ

$$c(d) = \sum_{k=-W}^W \sum_{l=-W}^W \Psi(I_l(i+k, j+l), I_r(i+k-d_1, j+l-d_2))$$

2. หน้าต่างของภาพซ้ายและขวาจะเป็นหน้าต่างที่แสดงถึงพื้นที่ของโลกจริงในจุดเดียวกันก็ต่อเมื่อได้ค่า  $c(d)$  มากที่สุดภายใน  $R(p_l)$   
ฟังก์ชัน  $\Psi(u, v)$  สามารถมีตัวอย่างของสมการดังนี้

$$\Psi(u, v) = uv$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะทำการตัดสินใจเพื่อเลือกขนาดของ  $R$  ใน Algorithm โดยค่า  $R$  จะพิจารณาจากขอบเขตที่มากที่สุดที่ภาพด้านซ้ายจะไปปรากฏบนภาพด้านขวา แต่ถ้าหากไม่ทราบเราก็จะต้องพิจารณาทุกขอบเขตของภาพด้านขวา

### 3.2.2 วิธี Feature-based

การหาจุดที่เหมาะสมของภาพด้านขวาจะถูกจำกัดลงบนจุดที่ถูกเลือกขึ้นมาเพื่อเป็นลักษณะเด่นของภาพ เช่น ขอบ มุม หรือเส้นของภาพ ซึ่งในแต่ละลักษณะเด่นก็จะต้องมีกรให้รายละเอียดกำกับไว้

สามารถแสดงวิธีการทำได้ดังนี้

#### Algorithm

รับภาพด้านซ้าย ( $I_l$ ) และขวาเข้ามา ( $I_r$ ) พร้อมทั้งข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของลักษณะเด่นของที่ 2 ภาพ

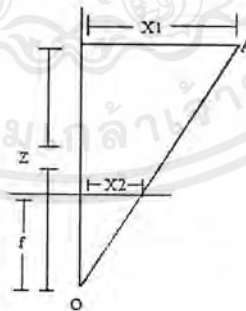
ให้  $R(f_l)$  เป็นพื้นที่ทำการหาในภาพด้านขวาซึ่งสัมพันธ์กับรายละเอียดของลักษณะเด่นในภาพด้านซ้าย  $f_l$  และ  $d(f_l, f_r)$  คือค่าบอกระยะห่างของความเหมือนกันระหว่างลักษณะเด่นที่แสดงความเหมือนกันในโลกจริง

สำหรับแต่ละ  $f_l$  ในภาพด้านซ้าย

1. คำนวณเพื่อหาค่าความเหมือนกันระหว่าง  $f_l$  และแต่ละ  $f_r$  ใน  $R(f_l)$
2. เลือกลักษณะเด่นของภาพด้านขวาที่ให้ค่าความเหมือนกันสูงสุด
3. เราก็จะได้ค่า  $d(f_l, f_r)$  เพื่อนำมาคำนวณหา Cartesian coordinate ต่อไป

### 3.3 การสร้าง Cartesian coordinate เมื่อทราบตำแหน่งที่ต้องการ

เนื่องจากในงานวิจัยนี้เราไม่ทราบค่า focal length ของเลนส์ของกล้องใน Triclop Stereo Vision system ดังนั้นเราสามารถหาค่า Cartesian coordinate ด้วยสมการดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-5 โมเดลของระบบ Stereo เพื่อใช้ในการสร้างสมการเพื่อหาค่า  $X$

สมการที่จะใช้หาค่า Cartesian coordinate มีรูปแบบดังนี้

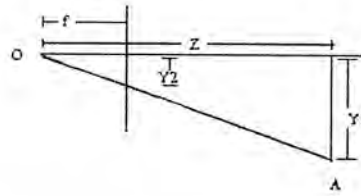
1. หาค่า  $X1$  ของจุด A เมื่อทราบ  $X2$  และ  $Z$  (อ้างอิงกับรูปที่ 3-5) โดยใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้าย

$$X1 = \frac{X2 * X3 * Z}{X4 * Z1} \quad \text{สมการที่ (1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดยที่ X3 X4 Z1 เป็นค่าที่ได้จากการทดลองโดยวิธีการจะกล่าวถึงในหัวข้อ 3.3.1

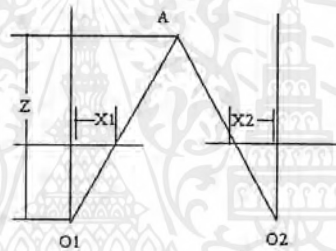


รูปที่ 3-6 โมเดลของระบบ Stereo เพื่อใช้ในการสร้างสมการเพื่อหาค่า Y

2. หาค่า Y1 ของจุด A เมื่อทราบ Y2 และ Z (อ้างอิงกับรูปที่ 3-6) โดยใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้าย

$$Y1 = \frac{Y2 * Y3 * Z}{Y4 * Z1} \quad \text{สมการที่ (2)}$$

โดยที่ Y3 Y4 เป็นค่าที่ได้จากการทดลองโดยวิธีการจะกล่าวถึงในหัวข้อ 3.3.1



รูปที่ 3-7 โมเดลของระบบ Stereo เพื่อใช้หือริยามการหาค่า Z

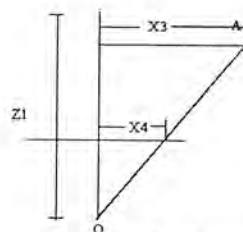
3. หาค่า Z ของจุด A เมื่อทราบ X1 และ X2 (อ้างอิงกับรูปที่ 3-7)

เราสามารถหาค่า Z ได้จากการจากการทดลอง โดยการทดลองนี้จะเก็บผลรวมของ X1 X2 และ Z ที่สัมพันธ์กัน จากความสัมพันธ์สามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

$$60 + 3(21 - Z) = X1 + X2 \quad \text{สมการที่ (3)}$$

3.3.1 วิธีการหาค่า X,Y เพื่อใช้แทนในสมการ

ในการหาค่า X Y เพื่อแทนในสมการที่ (1) และ (2) นั้น เราต้องทำการทดลองเพื่อหา X Y โดยตั้งวัตถุแล้วทำการวัดระยะที่สัมพันธ์กับภาพที่ใช้อ้างอิงในสมการที่ (1) และ (2) จริงๆ



รูปที่ 3-8 โมเดลของระบบ Stereo ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อหาค่า X3 X4 และ Z1 เพื่อแทนในสมการที่ (1)

จากรูปที่ 3-8 พบว่าเราสามารถทำการวัดระยะ  $X_3$   $X_4$  และ  $Z_1$  ได้แต่ผลที่ได้ อาจมีความผิดพลาดที่สูงเนื่องจากความไม่แม่นยำของอุปกรณ์ที่ทำกรวัด ซึ่งข้อผิดพลาดเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยทำการสร้างระบบจำลองสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมมาตราวัดที่มีความละเอียดและแม่นยำยิ่งขึ้นเช่นการใช้เวอร์เนีย แทนไม้บรรทัด เป็นต้น

ผลที่ได้จากใช้สมการที่ (1) (2) (3) เพื่อหาค่า  $X$   $Y$   $Z$  ของจุดในโลกจริงที่เราสนใจจะถูกแสดงในบทที่ 5



บทที่ 4

ทฤษฎีการรู้จำวัตถุโดยคู่วิธีการใช้งานวัตถุ  
(Object Recognition Using Form and Function)

ระบบการรู้จำในสมัยอดีตที่รู้จักกันดีคือ ระบบที่นาย L.G.Roberts เป็นผู้สร้าง[Roberts 3] ซึ่งระบบนี้จะทำการวิเคราะห์รูปภาพเพื่อตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขอบในรูปภาพนั้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาวิเคราะห์กับโมเดลทางเรขาคณิตที่เราทราบเพื่อบ่งบอกว่าวัตถุในภาพนั้นคืออะไร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์เหล่านี้ในปัจจุบันจะถูกเรียกว่า model-based vision จากจุดเริ่มต้นที่ทำการวิเคราะห์โดยใช้ภาพๆ เดียวแปลเปลี่ยนมาเป็นการใช้ภาพหลายภาพมาถูกทำการวิเคราะห์ร่วมกันซึ่งเราจะเรียกว่า active vision

ในปัจจุบันศาสตร์ทางการจดจำวัตถุได้ก้าวเข้ามาสู่วงการอุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องมาจากความต้องการความเร็วในการทำงานที่เพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มผลผลิตมากขึ้น โดยศาสตร์ที่รองรับด้านนี้คือ CAD-based vision [4,5]

active vision เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์การติดต่อกันระหว่าง agent และ สภาพแวดล้อมของมัน โดยที่ agent จะต้องถูกควบคุมภายใต้พารามิเตอร์(parameter)บางอย่างของกระบวนการในการรับภาพเข้ามาและ agent ต้องการให้การควบคุมนี้เพื่อทำการติดต่อกับสภาพแวดล้อมเพื่อให้มีความรวดเร็วและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ดังนั้นข้อมูลที่เข้ามาสู่ agent จะเป็นภาพหลายภาพเรียงต่อกัน ท่านสามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ active vision ได้ที่[6,7,8]

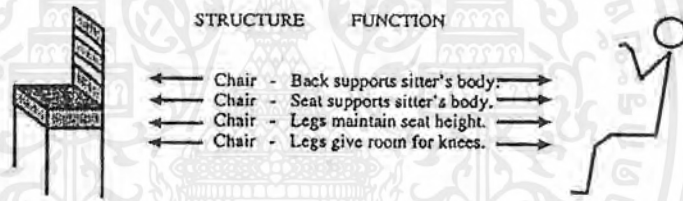
4.1 บทนำ

4.1.1 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการจดจำวัตถุแบบ Function-Based และ Model-Based

ข้อแตกต่างที่สำคัญคือวิธีการจดจำวัตถุแบบ Model-Based จะอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าเราจะต้องมีการระบุโมเดลของวัตถุที่จะทำการจดจำอย่างแน่นอน ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้โมเดลทางเรขาคณิตมาอธิบายวัตถุ แล้วจะมีการใช้ทฤษฎีทางกราฟหรือต้นไม้เพื่อช่วยในการแยกแยะวัตถุภายในกระบวนการจดจำวัตถุ ดังนั้นเพื่อให้เราสามารถจดจำวัตถุได้หลายชนิดเราจำเป็นต้องมีโมเดลของวัตถุเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นข้อเสียที่สำคัญของวิธีการจดจำแบบ Model-Based

วิธีการจดจำวัตถุแบบ Function-Based เป็นความพยายามที่จะให้รายละเอียดเพื่อแบ่งวัตถุออกเป็นประเภทๆ โดยสิ่งที่ใช้แยกวัตถุออกเป็นประเภทๆนั้นคือวิธีการใช้งานของวัตถุ

ในปริณฎานิพนธ์ฉบับนี้จะอธิบายถึงการจดจำวัตถุแบบ Function-Based โดยรับข้อมูลมาจาก Triclop Stereo Vision system แล้วจะมีระบบเพื่อตรวจสอบวิธีการใช้งานวัตถุจากข้อมูลที่ได้รับอย่างเช่นเราต้องการจดจำวัตถุที่เรียกว่าเก้าอี้ เราก็ต้องคว่าข้อมูลของวัตถุที่เรารับเข้ามาสามารถนั่ง และ สามารถพิงได้หรือไม่ ถ้าสามารถทำได้เราก็จะทราบว่าข้อมูลของวัตถุที่รับเข้ามาคือเก้าอี้ ตัวอย่างดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ตัวอย่างการนิยามการใช้งานของวัตถุ

4.2 Knowledge Primitive

ความรู้ที่เราใช้ประกอบด้วย 3 ประเภทดังตารางที่ 4-1 ความรู้ที่ระบบต้องมีประเภทแรกคือ category definition tree จะใช้สำหรับสร้างโครงสร้างเพื่อช่วยในการควบคุมกระบวนการจดจำวัตถุ โดยมีแบ่งวัตถุออกเป็นประเภทๆพร้อมทั้งรายละเอียดเกี่ยวกับนิยามของวัตถุแต่ละประเภทนั้น ความรู้ประเภทที่ 2 คือ functional properties ความรู้นี้จะช่วยในการให้รายละเอียดวิธีการใช้งานวัตถุ เช่น functional properties ของเก้าอี้ก็ต้องสามารถพิงหลังได้และสามารถนั่งได้เป็นต้น ความรู้ประเภทที่ 3 คือ Knowledge Primitive ความรู้นี้จะกลางถึงการให้รายละเอียดของรูปทรงว่าสามารถเป็นไปตามข้อกำหนดของ functional property มากน้อยเพียงใด

Category definition tree	จะเป็น โครงสร้างของประเภทวัตถุที่จะทำการจดจำ
Functional property	ใช้สำหรับนิยามถึงวิธีการใช้งานของวัตถุ
Knowledge primitive	ใช้นิยามวัตถุที่เป็นไปตาม Functional property

ตารางที่ 4-1 ความรู้ที่ใช้เพื่อการจดจำวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตเห็นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



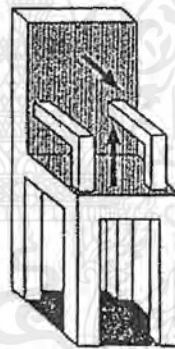
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง Knowledge Primitive แบบต่างๆที่นำมาประกอบกันเพื่อใช้บรรยาย functional property โดยแต่ละ Knowledge Primitive จะรับข้อมูลที่เป็นการบรรยายรูปทรงเพื่อทำการตัดสินใจว่ารูปทรงนั้นมีความน่าจะเป็นที่จะสามารถใช้งานตาม Knowledge Primitive นั้นตรวจสอบได้ดีเพียงใด โดยค่าความน่าจะเป็นนี้จะอยู่ระหว่าง 0 และ 1 เราเรียกค่าความน่าจะเป็นนี้ว่า evaluation measure ประเภทของ Knowledge Primitive ที่จะอธิบายมีดังนี้ Relative Orientation Dimension Proximity Stability Clearance และ Enclosure

4.2.1 Relative Orientation

การแทนความรู้จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

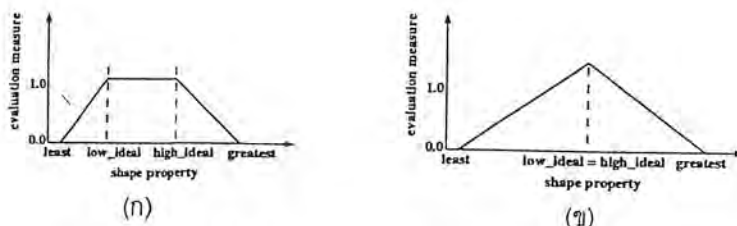
relative\_orientation(surface\_one,surface\_two,range\_parameters)

ความรู้นี้ใช้สำหรับตัดสินว่า 2 พื้นผิวมีความสัมพันธ์ตามที่กำหนดโดย range\_parameters ได้ดีเพียงใด ความสัมพันธ์ของ 2 พื้นผิวจะจัดให้อยู่ในรูปการหา normal vector ของแต่ละพื้นผิวแล้วคูณที่ normal vector ของทั้ง 2 พื้นผิวกระทำต่อกัน โดยมุมนี้จะนำไปตรวจสอบกับค่า range\_parameters เพื่อแสดงออกมาเป็น evaluation measure ตัวอย่างเช่น พื้นผิวที่พิงหลังและนั่นจะต้องมี normal vector ที่ทำมุม 90 องศาต่อกัน ดังรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 ลักษณะความรู้แบบ relative\_orientation ของวัตถุ

range\_parameters สามารถแปลงค่าเป็น evaluation measure โดยนำค่า range\_parameter นี้ไปแทนในกราฟในรูปที่ 4-3 ซึ่งกราฟในรูปที่ 4-3(ก) จะอธิบายถึงค่า least,low ideal,high ideal และ greatest ซึ่งค่าเหล่านี้คือตัวแบ่ง range\_parameter ออกเป็นช่วงต่างๆ โดยแต่ละช่วงก็จะมีสมการของความสัมพันธ์ระหว่าง range\_parameter กับ evaluation measure ที่แตกต่างกัน ในการนำไปใช้เราสามารถทำกราฟในรูปที่ 4-3(ก) เป็นรูปที่ 4-3(ข)



รูปที่ 4-3 กราฟที่ใช้เพื่อให้ได้ค่าวัดความเหมาะสมของความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คือให้ค่า low ideal และ high ideal เป็นค่าเดียวกันเพื่อง่ายต่อการใช้งาน การนำกราฟนี้ไปใช้งาน เราจะใช้กราฟดังรูปที่ 4-3(ข) จะต้องกำหนดค่าต่างๆ โดยรายละเอียดเกี่ยวกับการกำหนดค่านี้จะกล่าวถึงใน บทที่ 6

#### 4.2.2 Dimension

การแทนความรู้จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

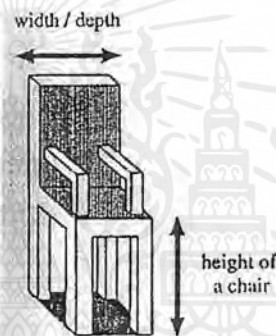
dimensions(shape\_element,dimension\_type,range\_parameters)

shape\_element คือพื้นผิวที่ต้องการทดสอบ

dimension\_type คือตัวระบุประเภทการทดสอบเช่น width depth height area เป็นต้น

range\_parameter คือตัวระบุค่าของการวัดที่ต้องการ

ดังรูปที่ 4-4 จะแสดงตัวอย่างการใช้ความรู้ประเภทนี้กับพื้นผิว โดยในกราฟที่แปลงค่า range\_parameter เป็น evaluation measure ก็จะถูกนำมาแบ่งเป็น 4 ช่วงเช่นเดียวกับหัวข้อ 4.2.1



รูปที่ 4-4 ลักษณะความรู้แบบ dimensions ของวัตถุ

#### 4.2.3 Proximity

การแทนความรู้จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

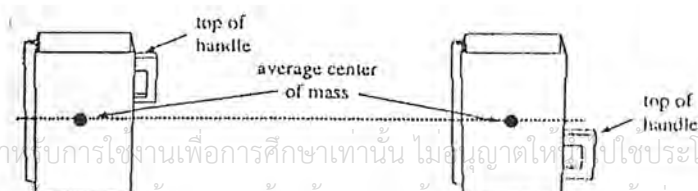
proximity(pair\_type,relation\_type,element\_one,element\_two,range\_parameter)

pair\_type คือสิ่งที่บ่งบอกว่าตัวที่เรานำมาเปรียบเทียบเป็น ในรูปแบบ จุดกับระนาบ จุดกับเส้น หรือระหว่างจุดกับจุด

relation\_type คือตัวที่ระบุประเภทของความสัมพันธ์ที่จะใช้ทดสอบเช่น สูงกว่า ต่ำกว่า ด้านซ้าย ด้านขวา

range\_parameter แนวคิดเป็นเช่นเดียวกับหัวข้อ 4.2.1

ความรู้นี้จะถูกใช้ทดสอบเพื่อบ่งบอกความสัมพันธ์เชิงคุณภาพระหว่างรูปทรงภายใน วัตถุ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4-5 จะเป็นการทดสอบระหว่างจุดรวมของมวลของวัตถุกับที่จับโดยใช้ ความรู้ประเภทนี้



รูปที่ 4-5 ลักษณะความรู้แบบ proximity ของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.4 Stability

การแทนความรู้จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

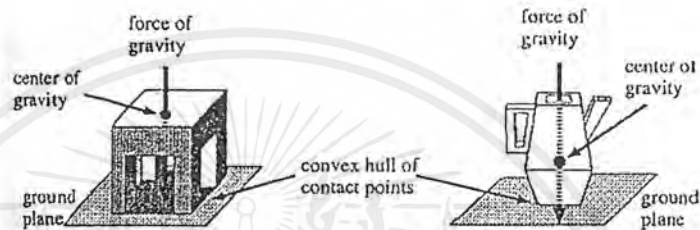
$stability(object\_shape, orientation, applied\_force)$

$object\_shape$  คือรูปทรงทาง 3 มิติของวัตถุ

$orientation$  ใช้สำหรับระบุทิศทางของรูปทรง

$applied\_force$  เป็นตัวที่เราสามารถระบุแรงที่ให้กับจุดของวัตถุ

ความรู้นี้จะถูกใช้เพื่อทดสอบว่าวัตถุสามารถที่จะทรงตัวอยู่ได้หรือไม่เมื่อมีแรงกระทำที่จุดบนวัตถุ โดยอาจเป็นการกระทำที่จุดศูนย์กลางมวลของวัตถุดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 ลักษณะความรู้แบบ *stability* ของวัตถุ

จากตัวอย่างการใช้ความรู้ประเภทนี้ในรูปที่ 4-6 ซึ่งรูปนี้จะอธิบายถึงวิธีการหาการทรงตัวได้ของวัตถุ โดยแรงที่ใช้ทดสอบจะได้อมาจากพื้นผิวซึ่งจะกดลงที่จุดศูนย์กลางมวลของพื้นผิว วิธีที่ใช้ทดสอบการทรงตัวได้ของวัตถุคือทดสอบแรงที่กระทำผ่านจุดศูนย์กลาง ว่าแรงนี้อยู่เลยฐานของวัตถุหรือไม่ ถ้าเลยฐานของวัตถุนี้ก็จะไม่สามารถทรงตัวอยู่ได้

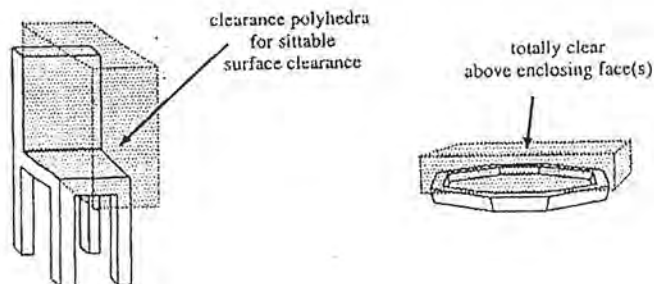
#### 4.2.5 Clearance

การแทนความรู้จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

$clearance(object\_shape, clearance\_volume)$

$object\_shape$  คือรูปทรงทางสามมิติของวัตถุ

$clearance\_volume$  จะถูกระบุเพื่อบ่งบอกถึงปริมาตรที่จะถูกตรวจสอบเพื่อหาว่ามีสิ่งกีดขวางบนรูปทรงที่จะตรวจสอบหรือไม่ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 ลักษณะความรู้แบบ *clearance* ของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบความรู้ประเภทนี้สามารถทำได้โดยดูการตัดกันของรูปทรงแล้วพิจารณาว่าปริมาตรที่อยู่เหนือรูปทรงที่ตัดกันมีคุณสมบัติเพียงพอต่อ clearance\_volume มากน้อยเท่าใด

#### 4.2.6 Enclosure

การแทนความรู้จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

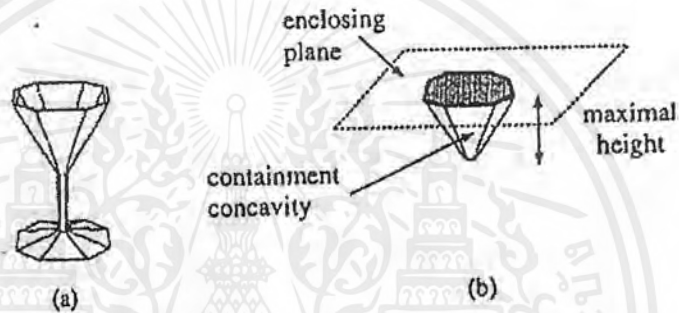
enclosure(concavity,orientation,enclosing\_plane)

concavity คือสิ่งที่บ่งบอกกลุ่มของพื้นผิวของวัตถุที่ประกอบเป็นส่วนเว้าของวัตถุ

orientation คือการกำหนดตำแหน่งของวัตถุ

enclosing\_plane คือสิ่งที่บ่งบอกระดับที่ concavity ถูกตรวจสอบความรู้เรื่อง Enclosure

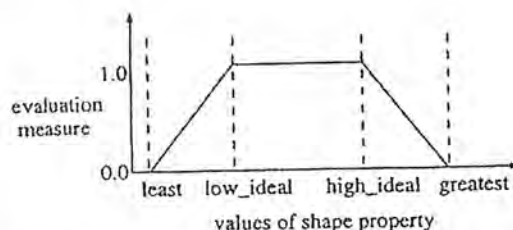
ความรู้นี้ถูกใช้เพื่อตรวจสอบว่าถ้าวัตถุมีส่วนเว้า เราสามารถใช้ระนาบใดเพื่อปิดส่วนเว้าของวัตถุ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-8 ลักษณะความรู้แบบ enclosure ของวัตถุ

#### 4.2.7 การวัดค่าความเหมาะสมของ Knowledge Primitive

จากที่เราได้อธิบายอย่างคร่าวๆ ในการหาค่าความเหมาะสมของแต่ละความรู้ (evaluation measure) โดยค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0 และ 1 สำหรับความรู้ใน 3 ข้อแรก (relative\_orientation dimension และ proximity) ค่าความเหมาะสมจะถูกจัดให้อยู่ในรูปของกราฟที่ต่อเนื่องซึ่งทำให้สามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งจะถูกคำนวณโดยมีความสัมพันธ์กับค่า range\_parameter ที่ถูกระบุไว้ภายในความรู้ ซึ่ง range parameter จะถูกแบ่งออกเป็น least low\_ideal high\_ideal และ greatest เพื่อให้รายละเอียดแกฟังก์ชันที่ใช้สำหรับหาค่าความเหมาะสมดังรูปที่ 4-8 โดยค่าที่ได้มาจากความรู้ที่อยู่ระหว่าง low\_ideal และ high\_ideal จะทำให้เกิดค่าความเหมาะสมที่ 1 และถ้าค่านี้อยู่ต่ำกว่า low\_ideal หรือสูงกว่า high\_ideal ค่าความเหมาะสมที่ได้ก็จะได้จากสมการความสัมพันธ์ โดยมีรูปแบบคร่าวๆดังรูปที่ 4-9



รูปที่ 4-9 รูปแบบของกราฟที่นำมาใช้วัดค่าความเหมาะสมของความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าความเหมาะสมที่จะได้จากความรู้อีก 3 ข้อที่เหลือ(stability clearance และ enclosure) จะอยู่ในรูปแบบของ 0 หรือไม่ก็ 1 ความรู้ stability จะให้ค่าความเหมาะสมเป็น 1 ก็ต่อเมื่อวัตถุที่พิจารณาสามารถทรงตัวอยู่ได้ หรือเป็น 0 ก็ต่อเมื่อไม่สามารถทรงตัวอยู่ได้ ความรู้ clearance จะให้ค่าความเหมาะสมเป็น 1 ก็ต่อเมื่อมีปริมาตรของที่ว่างตรงกับที่ระบุไว้ในทางกลับกันคือถ้าไม่ตรงกับที่ระบุไว้คือน้อยกว่าจะให้ค่าเป็น 0 ความรู้ enclosure จะให้ค่าความเหมาะสมเป็น 1 ก็ต่อเมื่อพบส่วนที่เว้าของวัตถุถูกปิดด้วยระนาบที่ระบุไว้ใน orientation หรือเป็น 0 ต่อเมื่อไม่พบระนาบนั้น

#### 4.3 การนิยามวิธีการใช้งานของวัตถุโดยใช้ Knowledge Primitive

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือจะทำการแบ่งวัตถุที่ต้องการจดจำออกเป็นประเภทตามการใช้งานของวัตถุนั้น แต่โดยปกติแล้วเราจะไม่สามารถบรรยายวิธีการใช้งานด้วย Knowledge Primitive ได้ในระดับการแยกประเภทเนื่องจากปัญหาในการสื่อความหมาย ดังนั้นเราจึงต้องใช้สิ่งที่สามารถสื่อความหมายของวิธีการใช้งานให้แก่ผู้ดูได้ โดยการใช้ functional properties อย่างเช่นเราจะนิยามเก้าอี้โดยใช้ functional properties ได้ดังนี้ 1)ต้องสามารถพียงหลังได้ 2)ต้องสามารถนั่งได้ ในแต่ละ functional property เราต้องทำการนิยามโดยใช้ Knowledge Primitive ตัวอย่างเช่น ต้องสามารถนั่งได้ สามารถนิยามโดยใช้ Knowledge Primitive ดังนี้คือ นิยาม dimensions นิยาม stability นิยาม clearance เมื่อเรานิยามครบเราก็จะสามารถอธิบาย functional property ของประเภทนั้นได้

เป้าหมายของกระบวนการจดจำรูปทรงของวัตถุแบ่งออกเป็น 2 เป้าหมาย (1) หารูปทรงที่ตรงกับความต้องการของ functional property (2) นำสัญลักษณ์มาเชื่อมกับรูปทรงของวัตถุเพื่อให้รายละเอียดเกี่ยวกับรูปทรง เมื่อเรานิยามประเภทของวัตถุที่เราต้องการจดจำตาม functional properties แต่ละ functional property ก็จะถูกให้รายละเอียดด้วย functional label

ในการอธิบายแต่ละประเภทของวัตถุมีความเป็นไปได้ที่จะไม่อธิบายโดยใช้ functional properties คือใช้ Knowledge Primitive แสดง แต่เหตุผลที่เราต้องใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 ประการคือ

1. การนิยามโดยใช้ functional property สามารถสื่อความหมายได้ดี
2. ผลของการประเมิน functional property ถูกใช้เพื่อที่จะให้รายละเอียดแก่รูปทรงของวัตถุ

พิจารณาในกรณีของเก้าอี้ ผลลัพธ์ของกระบวนการวิเคราะห์รูปทรงจะต้องได้รูปทรง 2 ชั้นซึ่งสามารถพียงหลังได้ และ สามารถนั่งได้ และจะพบว่าในการนำ functional property นี้ไปใช้งานเพื่อให้รายละเอียดในแต่ละวัตถุ มีความซ้ำกันซึ่งเราสามารถทำให้การนิยามวิธีการใช้งานง่ายขึ้นด้วยการทำให้ functional property อยู่ในรูปแบบของ template โดย template ที่จะอธิบายมี 2 อันคือ (1) การนิยามพื้นผิวสำหรับพียงหลัง (2)การนิยามพื้นผิวสำหรับวางสิ่งของ



### 4.3.1 การนิยามพื้นผิวสำหรับพิงหลัง

ความรู้ที่ใช้นิยาม functional property นี้มีดังนี้คือ

1. Dimension
2. Clearence
3. Stability

ภายในงานวิจัยนี้ วัตถุประสงค์แรกๆจะถูกละทิ้งไปให้ที่พิงหลัง โดยมันต้องทรงตัวอยู่ได้  
เมื่อเราใส่แรงที่จุดศูนย์กลางมวล

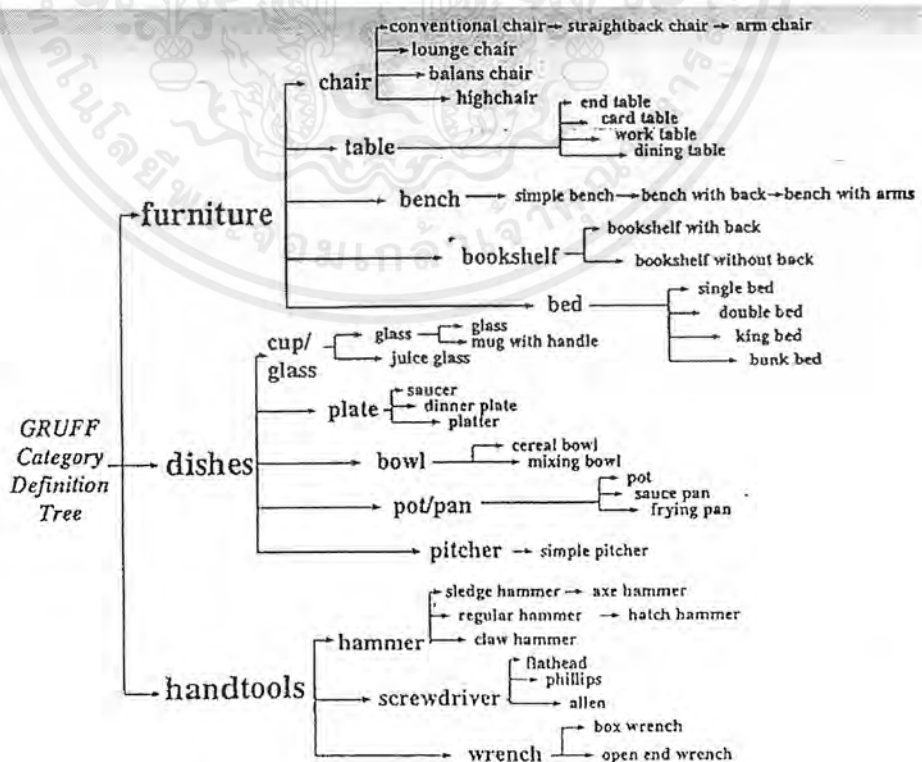
### 4.3.2 การนิยามพื้นผิวสำหรับวางสิ่งของ

ความรู้ที่ใช้นิยาม functional property นี้มีดังนี้คือ

1. Stability
2. Clearence
3. Dimension

### 4.4 การแบ่งวัตถุตามวิธีการใช้งานออกเป็นต้นไม้

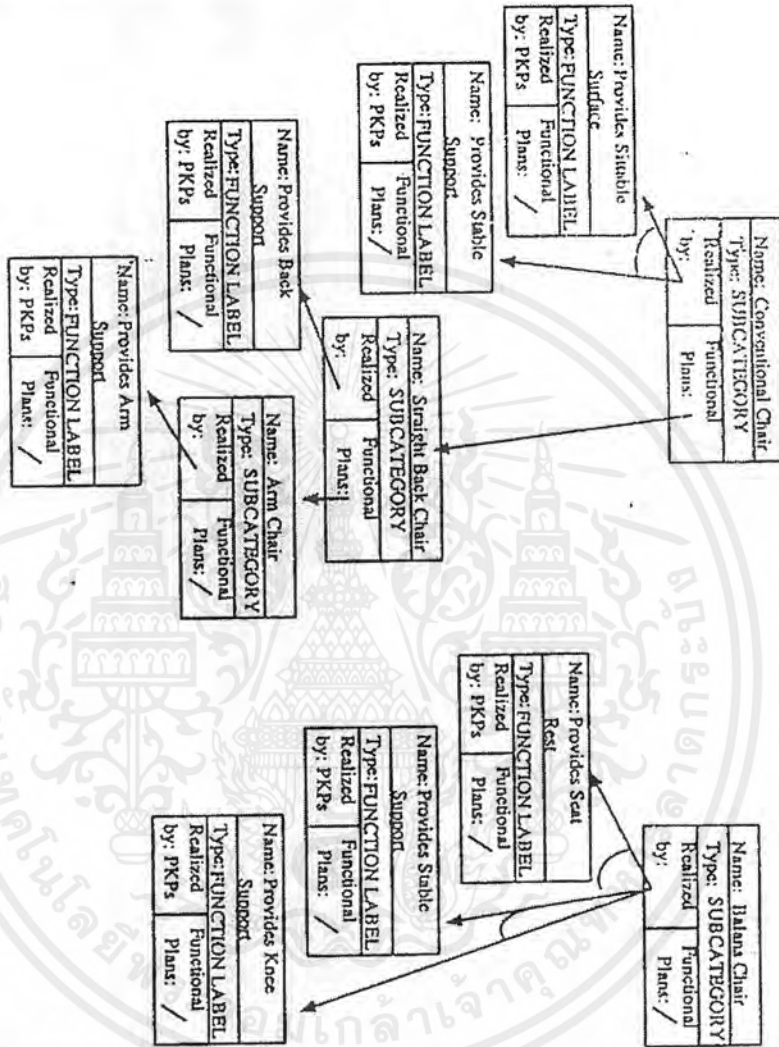
ความรู้ของระบบจะถูกจัดโครงสร้างให้อยู่ในรูปของการให้นิยามของประเภทโดยใช้ต้นไม้ (category definition tree) โดยมีตัวอย่างรายละเอียดดังรูปที่ 4-10 ซึ่งจะอธิบายโดยใช้ต้นไม้ซึ่งจะประกอบไปด้วยประเภทหลักและประเภทย่อยของวัตถุที่เราต้องการจดจำ ความลึกของต้นไม้จะอธิบายถึงวัตถุที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น และโครงสร้างต้นไม้ที่สมบูรณ์จะต้องประกอบไปด้วย functional property ของวิธีการใช้งานของวัตถุทุกประเภท



รูปที่ 4-10 การนิยามประเภทของวัตถุโดยใช้แผนภูมิต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา โหนดที่เป็นประเภทเก้าอี้ของต้นไม้ในรูปที่ 4-11 แต่ละต้นไม้ย่อย(subtree)จะมี functional plans ที่สัมพันธ์กับแต่ละประเภทย่อยของประเภทเก้าอี้ ตัวอย่างเช่น ต้นไม้ย่อยสำหรับ conventional chair จะมีต้นไม้ย่อยลงไปอีกเพื่ออธิบายประเภทย่อยที่เฉพาะเจาะจงขึ้นไปอีกเช่น arm chair หรือ straight back chair เป็นต้น



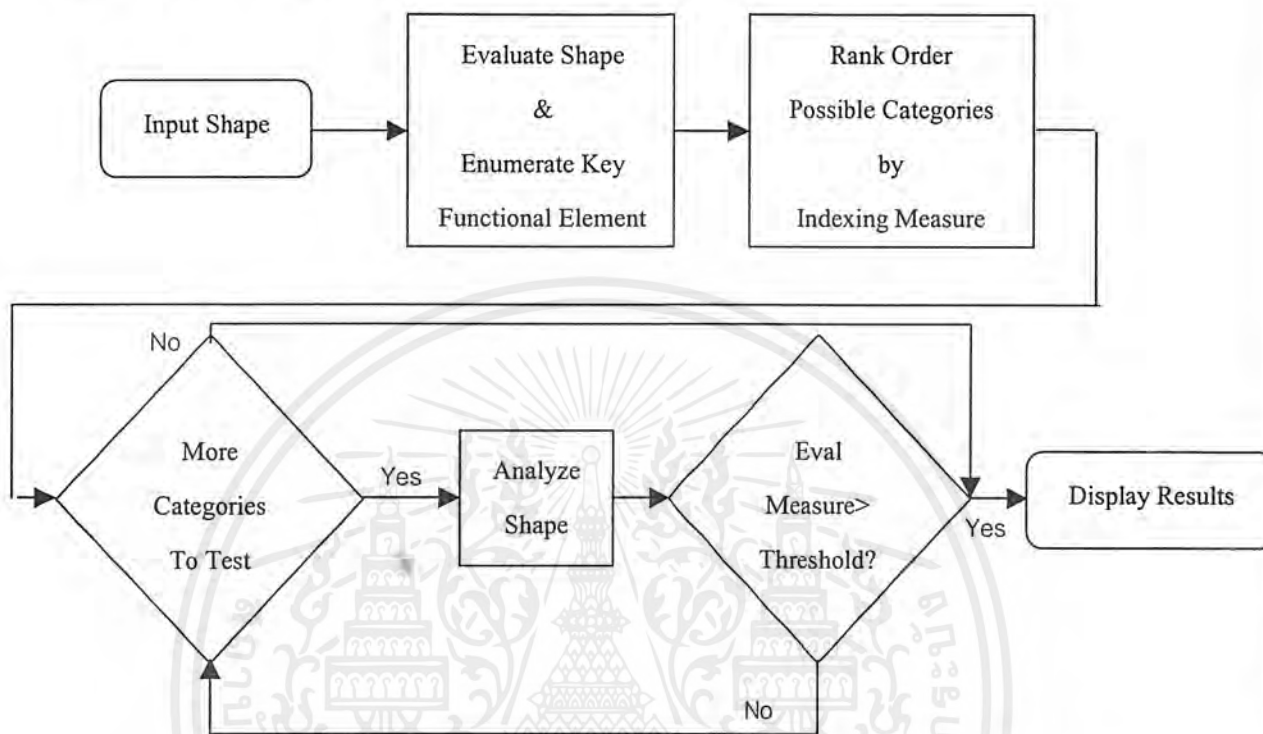
รูปที่ 4-11 ตัวอย่างการระบุวิธีการใช้งานของแต่ละประเภทของวัตถุที่จะทำการจดจำ

โหนดของต้นไม้จะถูกอธิบายในรูปแบบโครงสร้างของ กรอบที่ระบุ แต่ละกรอบจะประกอบด้วย 4 หัวข้อ (1)ชื่อ(Name) (2)ประเภท(Type) (3)รายการของวิธีใช้วัตถุ(Realized\_By) (4)ประเภทย่อยของวัตถุ(Functional\_Plans)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 กระบวนการวิเคราะห์การใช้งานของวัตถุ

กระบวนการจดจำวัตถุมี Flowchart การทำงานดังรูปที่ 4-12 โดยตัวระบบจดจำวัตถุไม่มีความจำเป็นต้องมีข้อมูลของวัตถุๆหนึ่งเป็นเฉพาะ แต่ใช้นิยามทาง function-based ของประเภทวัตถุเพื่อจะใช้ความสามารถทางการสังเกตวัตถุของระบบ ระบุว่าวัตถุอยู่ในประเภทใด



รูปที่ 4-12 Flowchart การทำงานของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของวัตถุ

ในหัวข้อนี้จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการจดจำวัตถุ โดยใช้ function-based ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลักคือ (1) ขั้นตอน pre-processing (2) ขั้นตอน recognition โดยขั้นตอน pre-processing จะเป็นขั้นตอนในการดึงข้อมูลของวัตถุซึ่งข้อมูลนี้คือรูปทรงที่เป็นไปได้ในการรองรับ functional property เพื่อนำไปใช้กับต้นไม้ ขั้นตอน recognition จะใช้ข้อมูลที่ได้มาจากข้างต้นเพื่อหาความสัมพันธ์กับโหนดในต้นไม้

เราจะมีวิธีการวัดค่าความเหมาะสมหลายแบบที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้รายละเอียดที่ครบถ้วนในกระบวนการวิเคราะห์

##### 4.5.1 ประเภทการวัดค่าความเหมาะสม

ประเภทของค่าความเหมาะสมแบ่งได้ดังนี้

1. index measure
2. evaluation measure
3. association measure

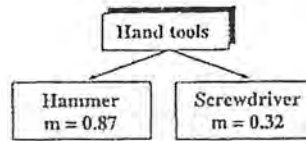
index measure จะถูกใช้เมื่อจบกระบวนการ pre-processing เพื่อตัดตัวเลือกของผลการ

จดจำที่เป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

evaluation measure ถูกใช้โดยเป็นค่าที่ได้มาจาก Knowledge Primitive เพื่อบอกถึง ความเหมาะสมต่อ Knowledge Primitive นั้นๆ ค่านี้จะอยู่ในช่วง 0 ถึง 1

evaluation measure สำหรับแต่ละวิธีการใช้งานจะถูกนำมารวมกันเพื่อให้ได้ association measure ซึ่งจะใช้เป็นค่าวัดความเหมาะสมท้ายสุดสำหรับแต่ละประเภทซึ่งมีตัวอย่าง ดังรูปที่ 4-13



รูปที่ 4-13 ตัวอย่างการนำค่าความเหมาะสมมาใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 5

### การออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการรู้จำโดยใช้ UML

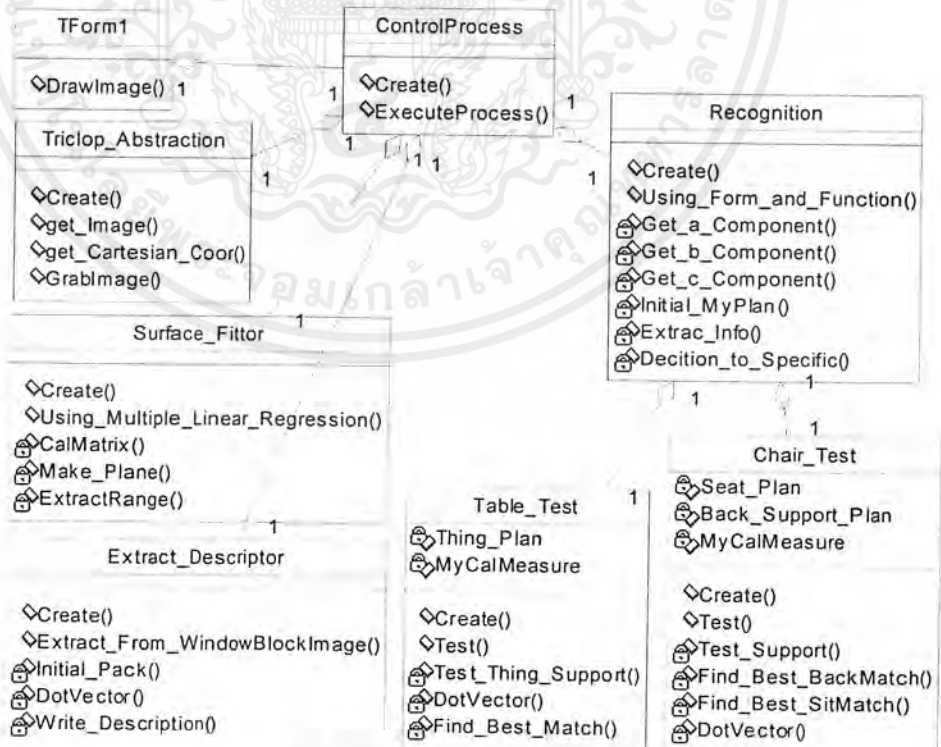
เนื่องจากเมื่อเราออกแบบระบบโดยใช้วิธีการแบบ Object-Oriented อาจมีบางแง่มุมที่คาดไม่ถึง ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสมบูรณ์ของระบบ ดังนั้นเราจึงต้องใช้เครื่องมือที่สามารถทำให้ได้รายละเอียดของแง่มุมเหล่านั้นได้ โดยเครื่องมือที่เลือกใช้คือ UML

ในบทนี้เราจะอธิบายระบบโดยใช้ Diagram ของ UML 3 ชนิดคือ

1. Class Diagram ซึ่งจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Class ที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของระบบ
2. Use Case Diagram จะใช้เพื่ออธิบายถึงผู้ใช้สามารถใช้งานใดกับระบบได้บ้าง
3. Sequence Diagram ถูกใช้อธิบายลำดับของการติดต่อกันของ Object

#### 5.1 Class Diagram

Class Diagram ของระบบจะเป็นดังรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 Class Diagram ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถอธิบายแต่ละคลาส(Class)ภายใน Diagram ได้ดังนี้

### 5.1.1 คลาส Tform1

มีหน้าที่สำหรับติดต่อกับผู้ใช้

### 5.1.2 คลาส Triclop\_Abstraction

มีหน้าที่เชื่อมต่อกับ Triclop Stereo vision system โดยรายละเอียดของ Method มีดังนี้

1. GrabImage() ถูกใช้สำหรับเรียกให้ Triclop Stereo vision system ทำหน้าที่รับภาพมาจากสภาพแวดล้อม
2. get\_Image() ถูกใช้สำหรับดึงภาพที่ถ่ายได้จากสภาพแวดล้อมของ Triclop Stereo vision system
3. get\_Cartesian\_Coor() ใช้สำหรับค่า Cartesian Coordinate ที่ Triclop Stereo vision system ได้ทำการสร้างไว้เพื่ออธิบายถึงลักษณะของวัตถุบนภาพอ้างอิง

### 5.1.3 คลาส Surface\_Fittor

มีหน้าที่สำหรับสร้างระนาบบนค่า Cartesian Coordinate โดยมี Method ดังนี้

1. Using\_Multiple\_Linear\_Regression() ใช้สำหรับสร้างระนาบบนข้อมูลที่เป็น Cartesian Coordinate ของวัตถุ โดยใช้วิธีการที่เรียกว่า Multiple Linear Regression (อ้างอิงกับภาคผนวก ก)

### 5.1.4 คลาส Extract\_Descriptor

มีหน้าที่สำหรับดึงรายละเอียดมาจากระนาบที่ถูกสร้างขึ้น โดยมี Method ดังนี้

1. Extract\_From\_WindowBlockImage() ถูกใช้เพื่อดึงรายละเอียดมาจากระนาบที่ถูกสร้างขึ้น โดยรายละเอียดที่ได้จะถูกจัดเก็บในรูปแบบของไฟล์(File)

### 5.1.5 คลาส Recognition

มีหน้าที่สำหรับวิเคราะห์รายละเอียดของวัตถุที่ได้มาจาก Extract\_Descriptor เพื่อให้ระบบสามารถบ่งบอกได้ว่า วัตถุที่ทำการวิเคราะห์คือวัตถุอะไร ซึ่งมี Method ดังนี้

1. Using\_Form\_and\_Function() ทำการวิเคราะห์รายละเอียดของระนาบโดยใช้แนวคิดการจดจำวัตถุ โดยดูจากวิธีการใช้งานของวัตถุ

### 5.1.6 คลาส Table\_Test

เป็นคลาสที่บ่งบอกถึงลักษณะของโต๊ะ ซึ่งมี Method ดังนี้

1. Test() จะถูกใช้เพื่อทำการตรวจสอบวัตถุที่ได้รับรายละเอียดมา ว่ามีความเหมาะสมต่อความเป็นโต๊ะเท่าใด

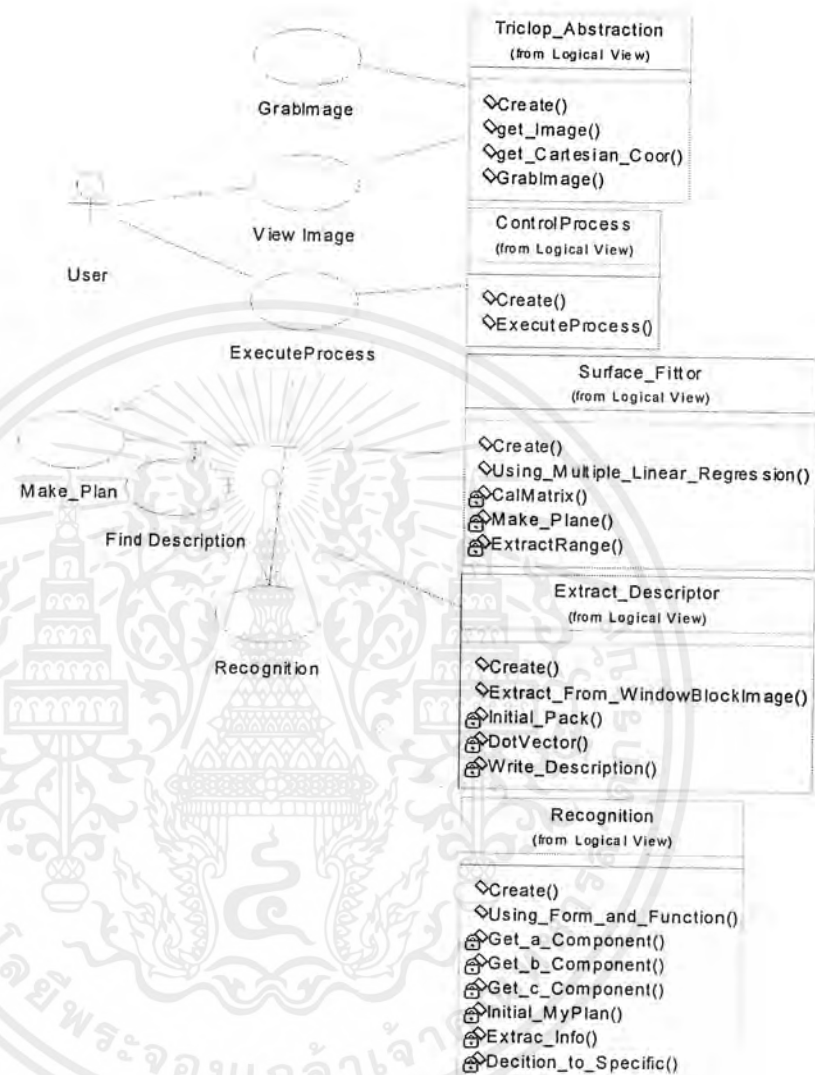
### 5.1.7 คลาส Chair\_Test

เป็นคลาสที่บ่งบอกถึงลักษณะของเก้าอี้ ซึ่งมี Method ดังนี้

1. Test() จะถูกใช้เพื่อทำการตรวจสอบวัตถุที่ได้รับรายละเอียดมา ว่ามีความเหมาะสมต่อความเป็นเก้าอี้เท่าใด

## 5.2 Use Case Diagram

Use Case Diagram ของระบบจะเป็นดังรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 Use Case Diagram ของระบบ

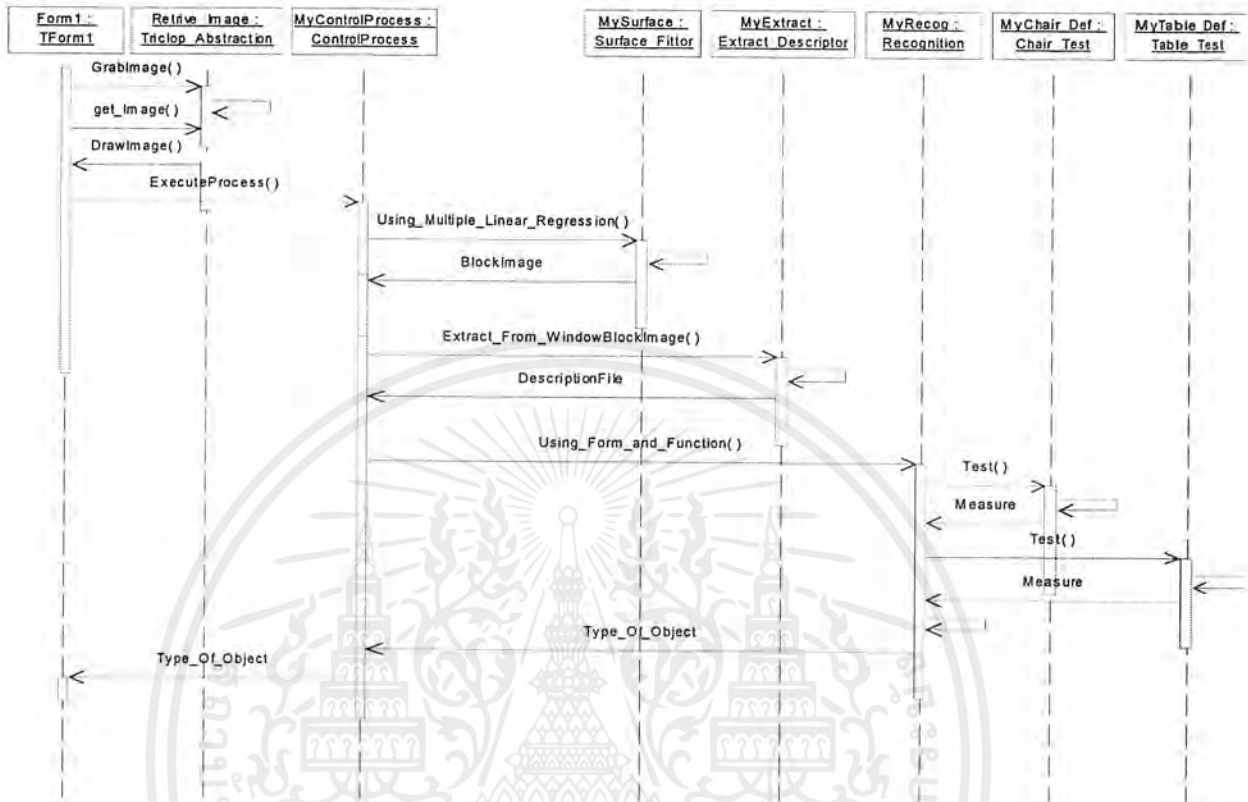
User สามารถใช้งานระบบได้ดังนี้

1. รับภาพจากสภาพแวดล้อม(GrabImage())
2. ดูภาพที่รับจากสภาพแวดล้อม(ViewImage())
3. นำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์(ExecuteProcess())เพื่อระบุประเภทของวัตถุที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 Sequence Diagram

Sequence Diagram ของระบบจะเป็นดังรูปที่ 5-3



รูปที่ 5-3 Sequence Diagram ของระบบ

รูป 5-3 สามารถอธิบายลำดับการใช้งานของวัตถุเป็นขั้นๆ ได้ดังนี้

1. วัตถุ Form1 ซึ่งจะใช้เชื่อมต่อกับผู้ใช้จะส่งข้อความ GrabImage() เพื่อขอภาพเพื่อนำมาประมวลผลจากวัตถุ Retrive\_Image
2. วัตถุ Form1 ก็จะส่งข้อความ ExecuteProcess() เพื่อแจ้งให้วัตถุ MyControlProcess ทราบว่าได้รับภาพจากสภาพแวดล้อมเรียบร้อยแล้วพร้อมที่จะเข้าสู่ขั้นตอนจดจำวัตถุได้
3. วัตถุ MyControlProcess จะส่งข้อความ Using\_Multiple\_Linear\_Regression() เพื่อแจ้งให้วัตถุ MySurface ทราบว่าต้องสร้างพื้นผิวบน Cartesian coordinate ที่มี
4. เมื่อสร้างพื้นผิวเรียบร้อยแล้ว วัตถุ MyControlProcess ก็จะส่งข้อความ Extract\_From\_WindowBlockImage() แก่วัตถุ MyExtract เพื่อแจ้งให้หารายละเอียดของระนาบที่ถูกสร้างขึ้นมา
5. หลังจากได้รายละเอียดของระนาบแล้ว MyControlProcess ก็จะส่งข้อความ Using\_Form\_and\_Funciton() เพื่อแจ้งแก่วัตถุ MyRecog นำรายละเอียดของระนาบที่ได้ไปทำการวิเคราะห์โดยจะนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับ MyChair\_Def และ MyTable\_Def เพื่อให้ทราบว่าวัตถุที่จะถูกวิเคราะห์คืออะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 6

### ผลการทดลอง

ในบทนี้จะอธิบายถึงผลการทดลอง โดยแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 หัวข้อคือ 1.ผลของขั้นตอน Stereopsis 2.ผลของขั้นตอน Recognition

ผลของขั้นตอน Stereopsis จะถูกวัดออกมาเป็นความต่อเนื่องของค่า  $X Y Z$  เนื่องจากเราไม่สามารถที่จะวัดค่า  $X Y Z$  ของจุดบนวัตถุได้ เนื่องมาจากความผิดพลาดในการวัดระยะของระบบ ดังนั้นเราจึงสามารถวัดความถูกต้องของระบบโดยพิจารณาความต่อเนื่องของค่า  $X Y Z$  แทน

ผลของขั้นตอน Recognition จะถูกวัดออกมาว่าระบบสามารถจดจำวัตถุตามรูปภาพอ้างอิงได้หรือไม่

#### 6.1 ผลของขั้นตอน Stereopsis

##### 6.1.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1

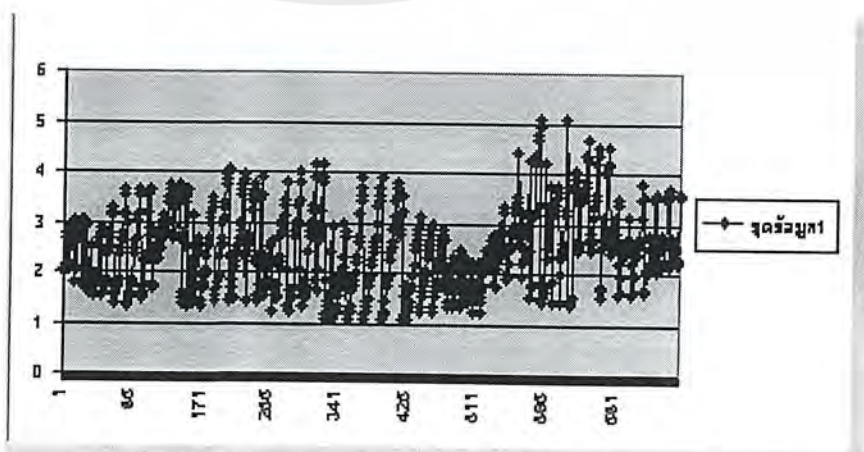


รูปที่ 6-1 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 1

รูปที่ 6-2 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 1

กราฟที่ได้

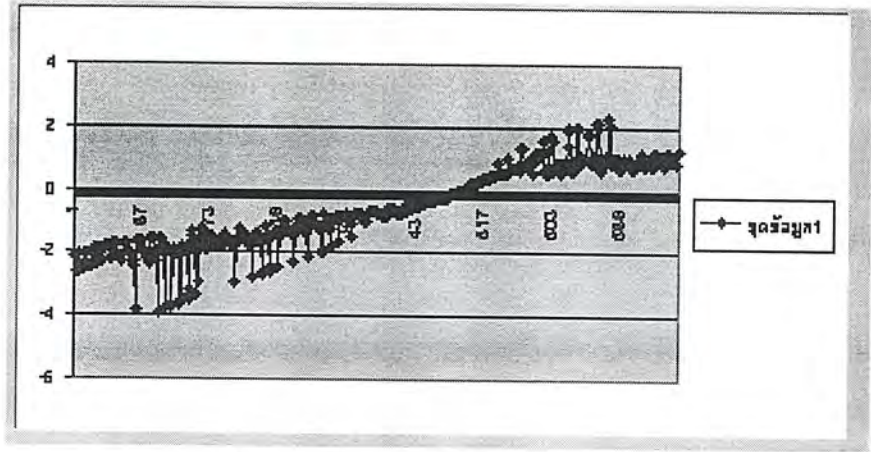
ค่า  $X$



รูปที่ 6-3 กราฟของค่า  $X$  ที่ได้จากการทดลองที่ 1

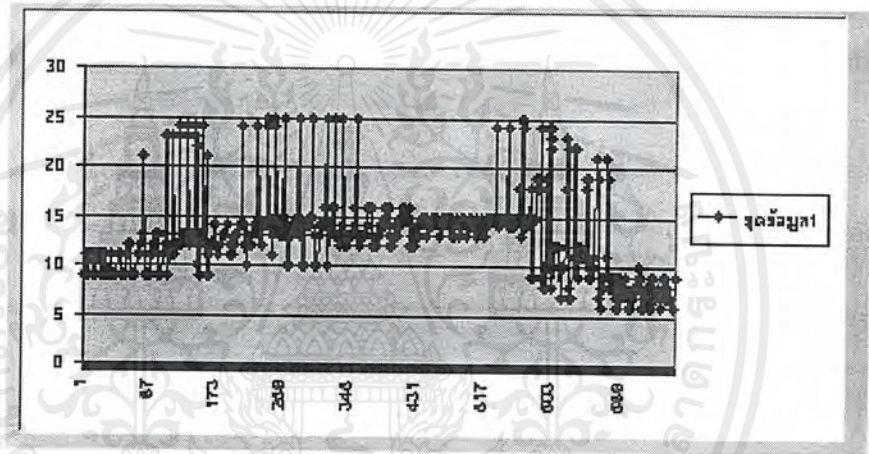
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Y



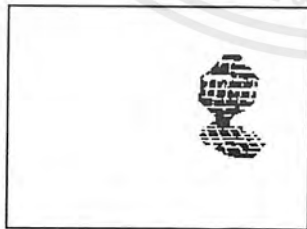
รูปที่ 6-4 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 1

ค่า Z

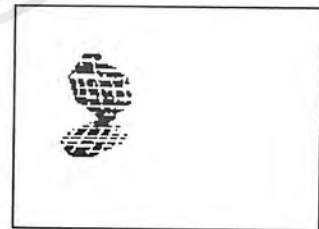


รูปที่ 6-5 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 1

## 6.1.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 6-6 รูปทางด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 2



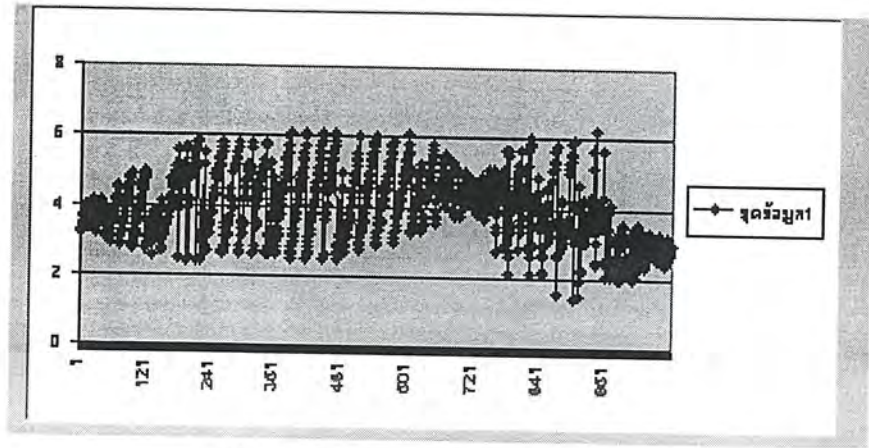
รูปที่ 6-7 รูปทางด้านขวาของผลการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



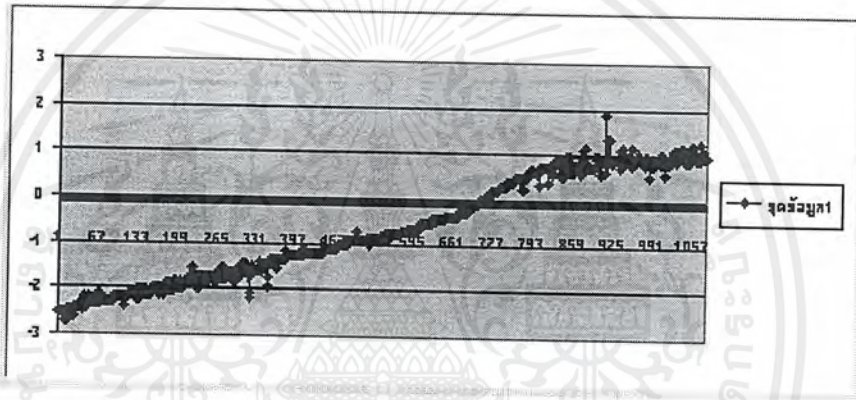
กราฟที่ได้

ค่า X



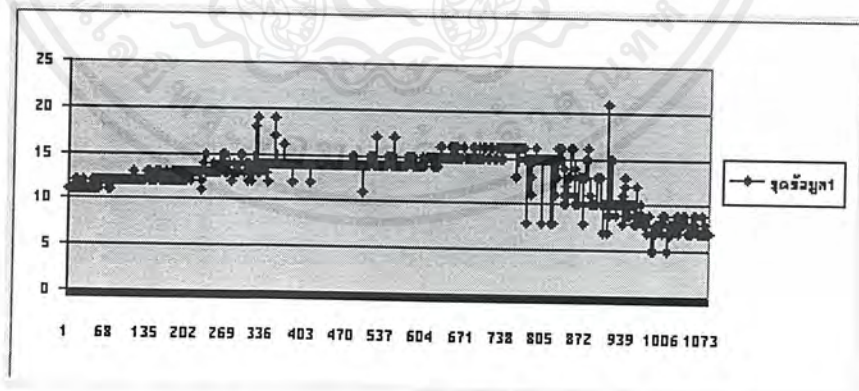
รูปที่ 6-8 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 2

ค่า Y



รูปที่ 6-9 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 2

ค่า Z



รูปที่ 6-10 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 2

### 6.1.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3



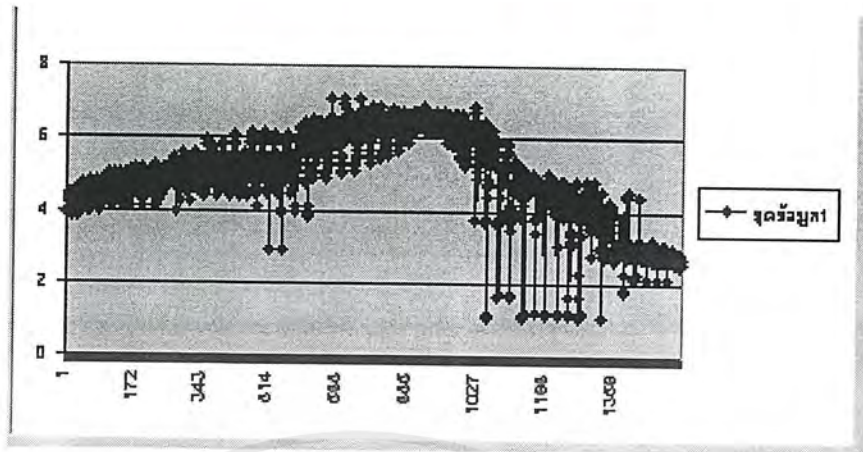
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 6-11 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 3

รูปที่ 6-12 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 3

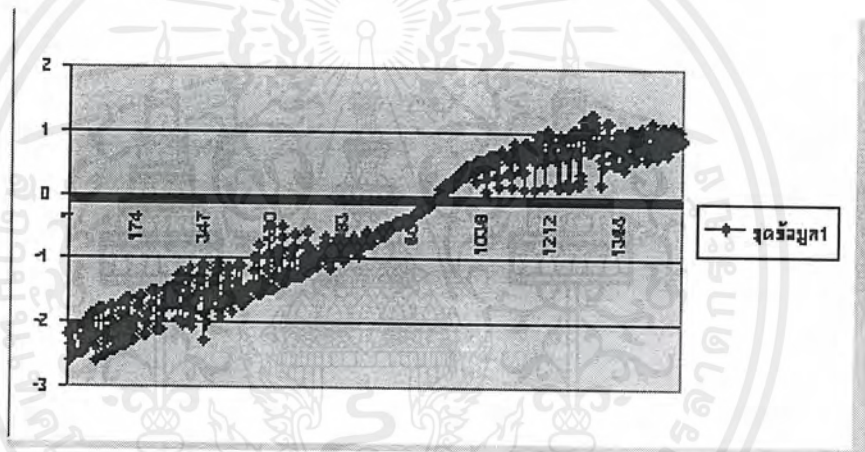
กราฟที่ได้

ค่า X



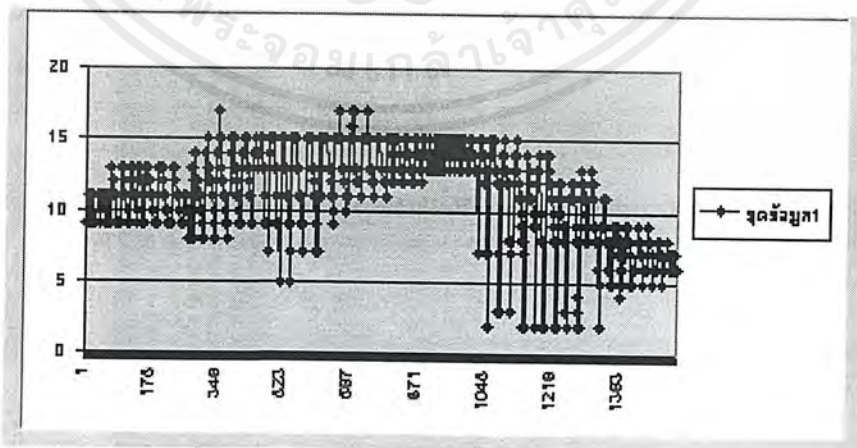
รูปที่ 6-13 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 3

ค่า Y



รูปที่ 6-14 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 3

ค่า Z

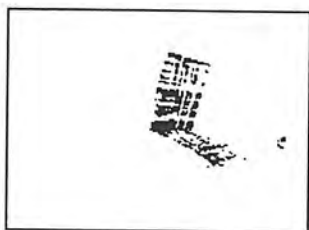


รูปที่ 6-15 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 3

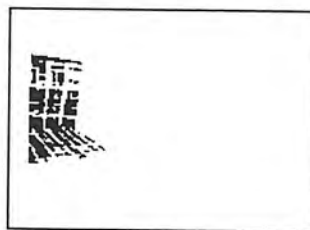
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 6.1.4 ผลการทดลองครั้งที่ 4



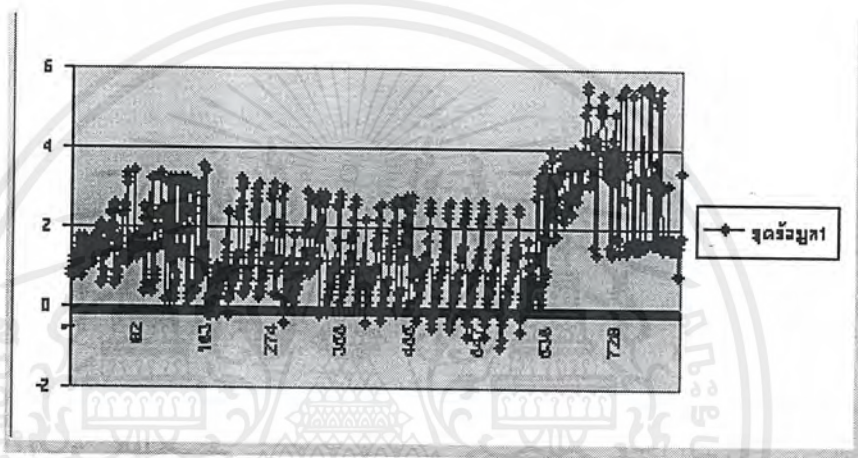
รูปที่ 6-16 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 4



รูปที่ 6-17 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 4

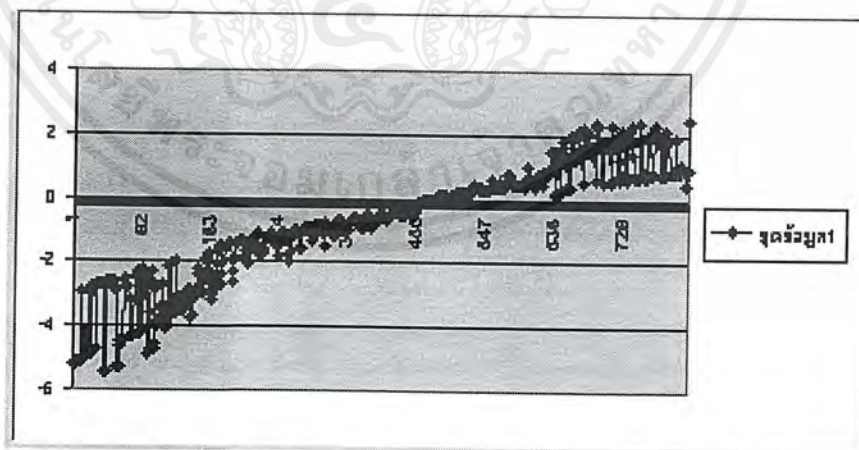
กราฟที่ได้

ค่า X



รูปที่ 6-18 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 4

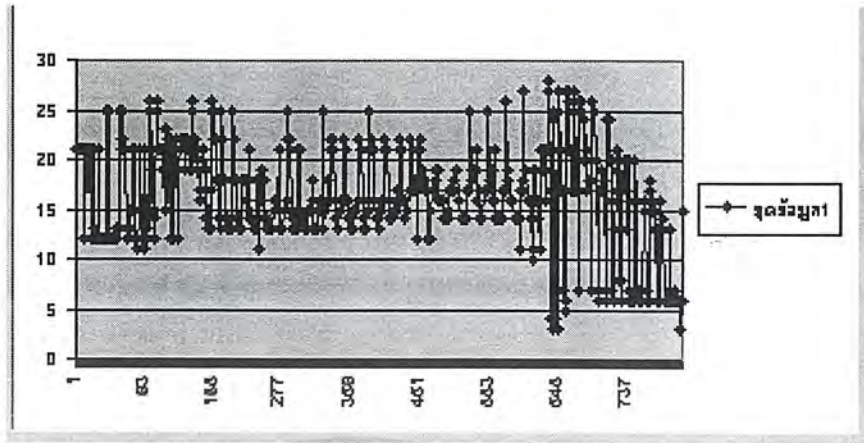
ค่า Y



รูปที่ 6-19 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Z



รูปที่ 6-20 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 4

6.1.5 ผลการทดลองครั้งที่ 5

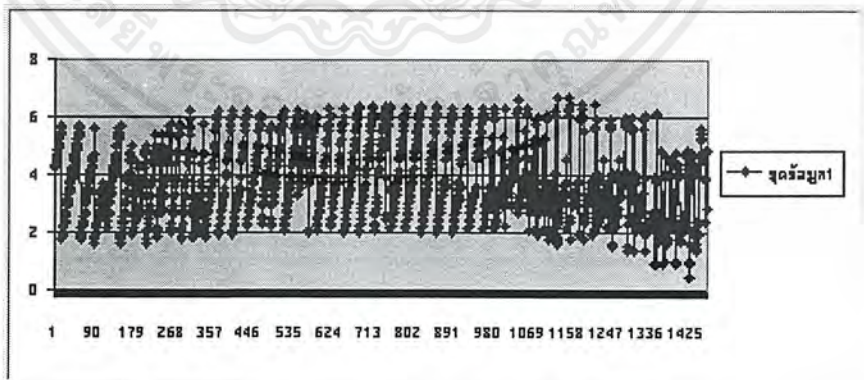


รูปที่ 6-21 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 5



รูปที่ 6-22 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 5

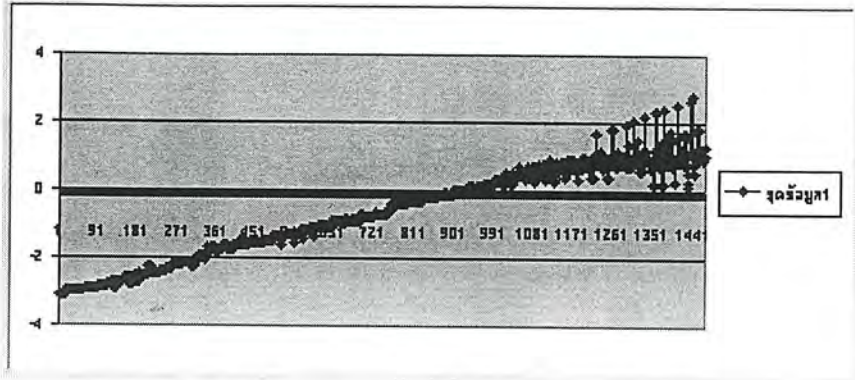
กราฟที่ได้  
ค่า X



รูปที่ 6-23 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 5

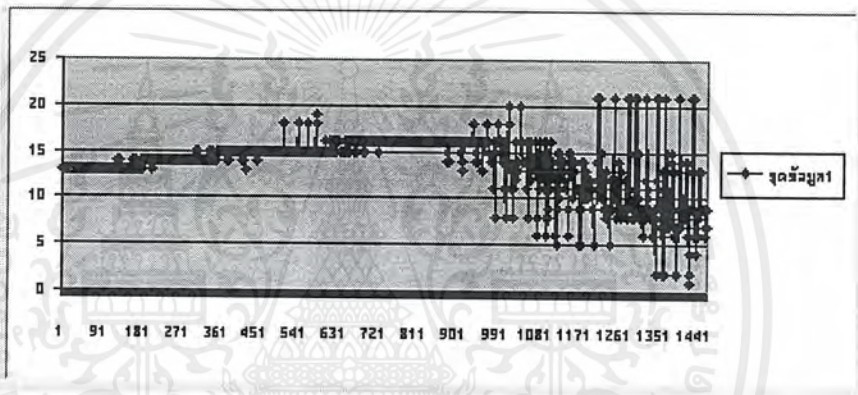
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Y



รูปที่ 6-24 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 5

ค่า Z



รูปที่ 6-25 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 5

6.1.6 ผลการทดลองครั้งที่ 6



รูปที่ 6-26 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 6



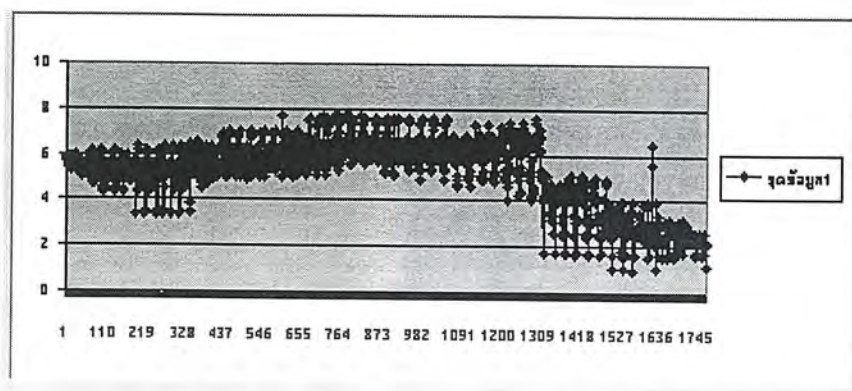
รูปที่ 6-27 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



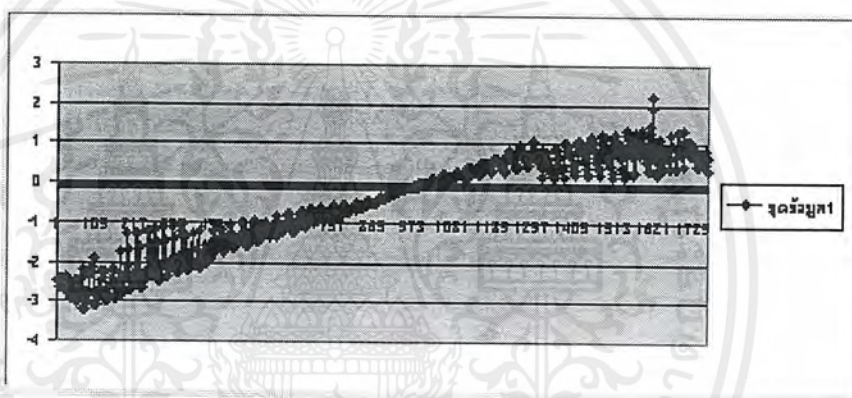
กราฟที่ได้

ค่า X



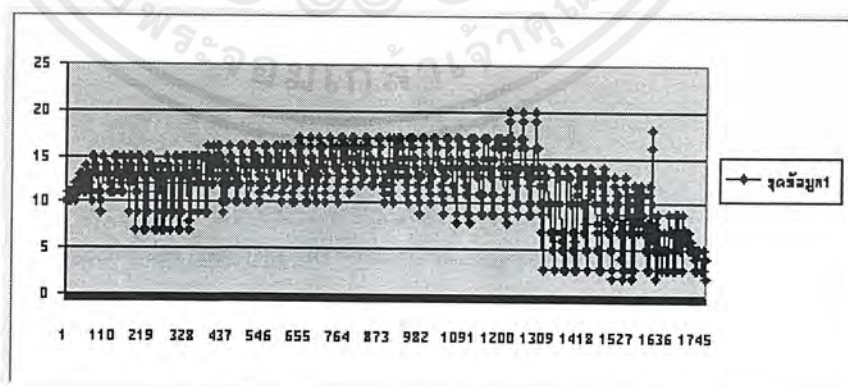
รูปที่ 6-28 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 6

ค่า Y



รูปที่ 6-29 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 6

ค่า Z

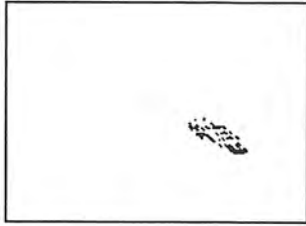


รูปที่ 6-30 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 6

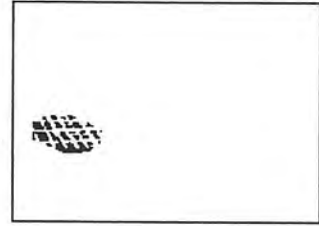
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 6.1.7 ผลการทดลองครั้งที่ 7



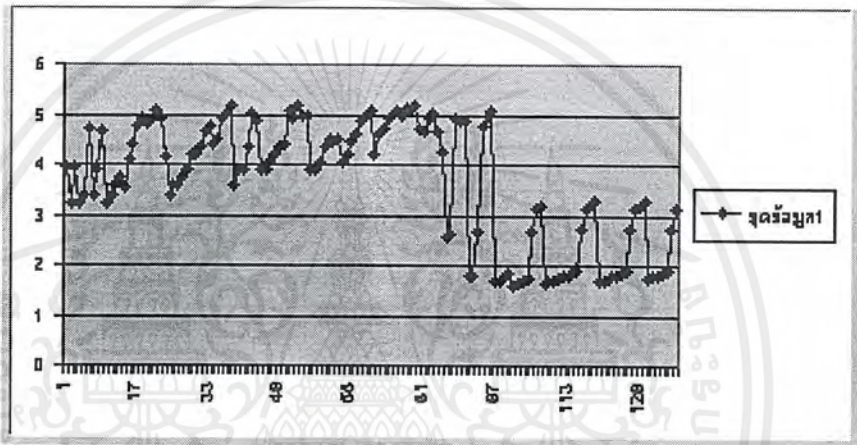
รูปที่ 6-31 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 7



รูปที่ 6-32 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 7

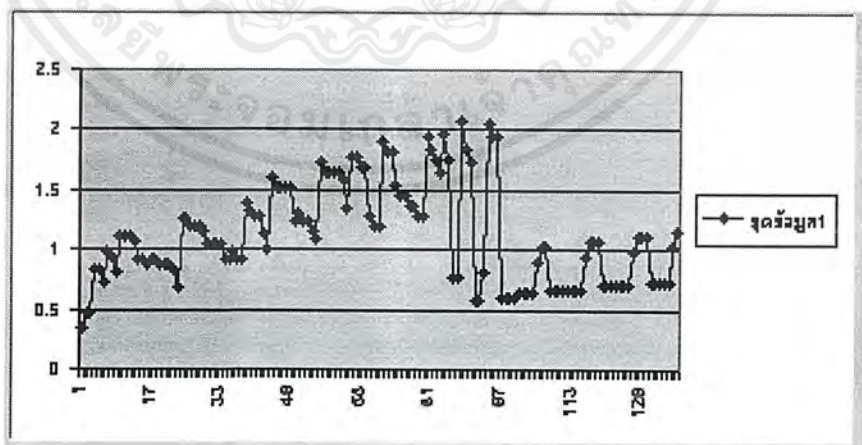
กราฟที่ได้

ค่า X



รูปที่ 6-33 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 7

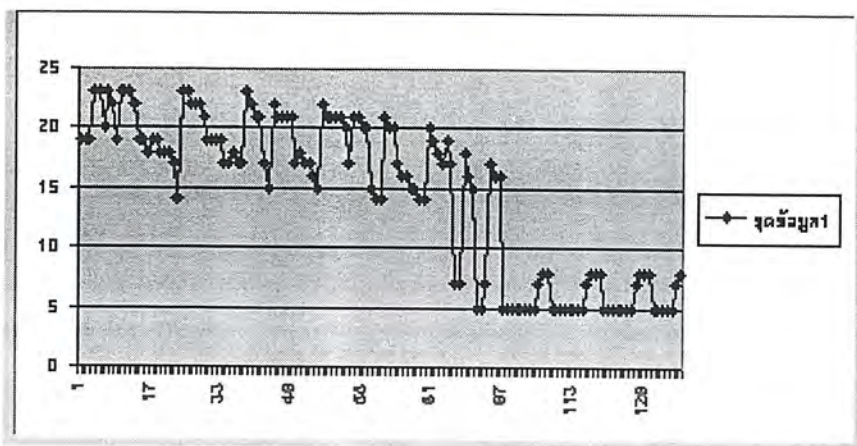
ค่า Y



รูปที่ 6-34 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Z

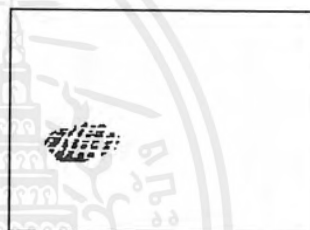


รูปที่ 6-35 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 7

6.1.8 ผลการทดลองครั้งที่ 8



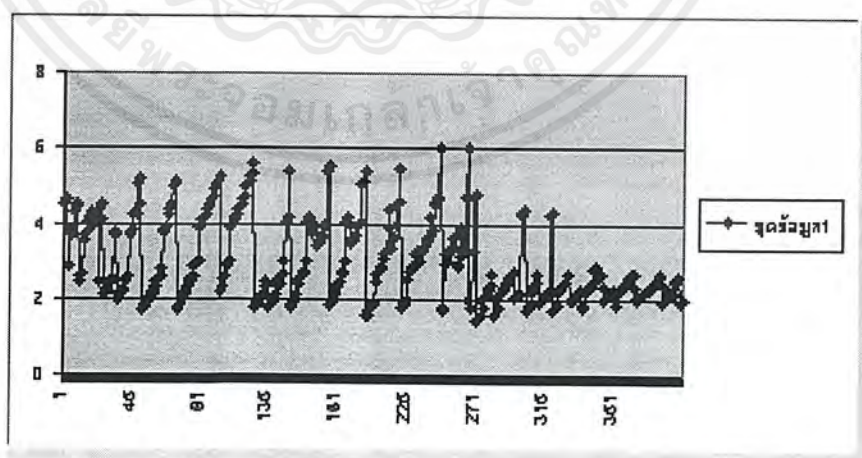
รูปที่ 6-36 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 8



รูปที่ 6-37 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 8

กราฟที่ได้

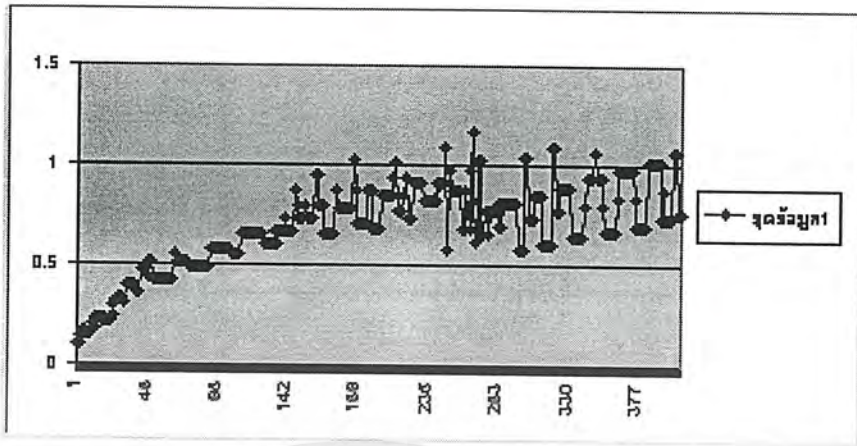
ค่า X



รูปที่ 6-38 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 8

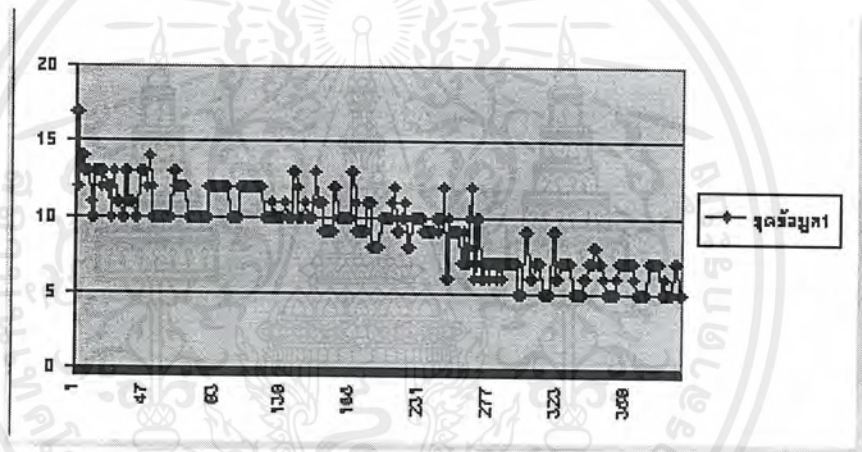
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Y



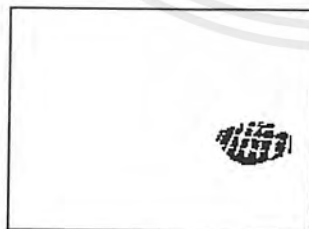
รูปที่ 6-39 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 8

ค่า Z

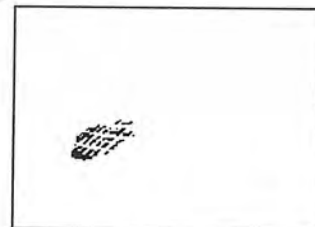


รูปที่ 6-40 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 8

6.1.9 ผลการทดลองครั้งที่ 9



รูปที่ 6-41 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 9



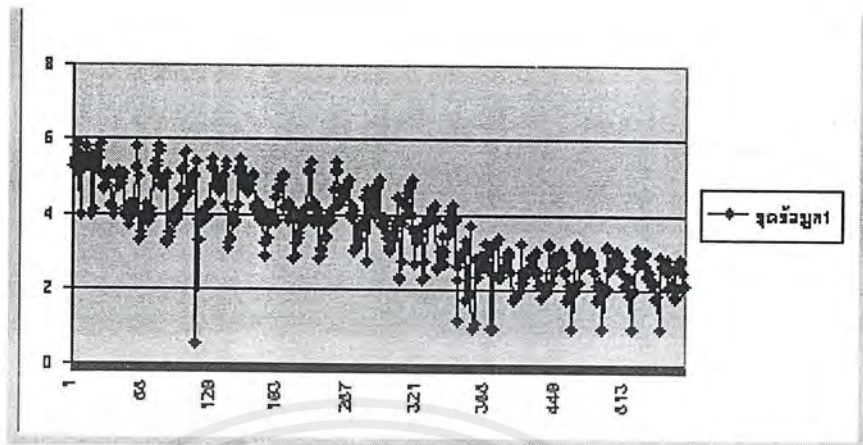
รูปที่ 6-42 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



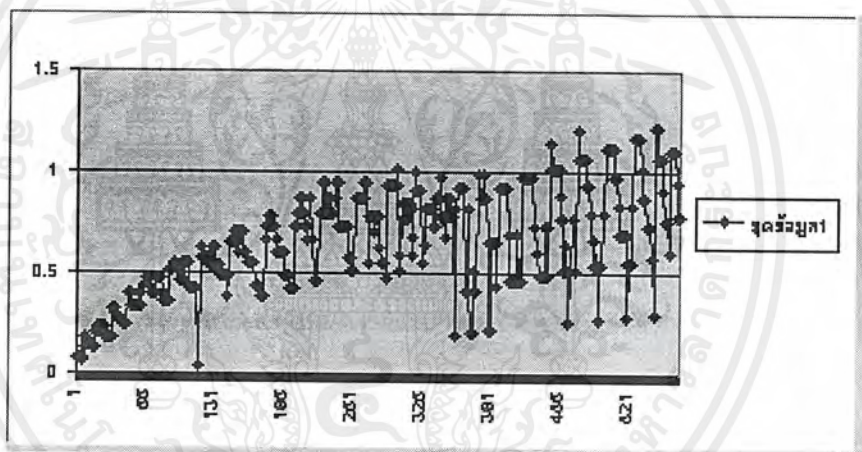
กราฟที่ได้

ค่า X



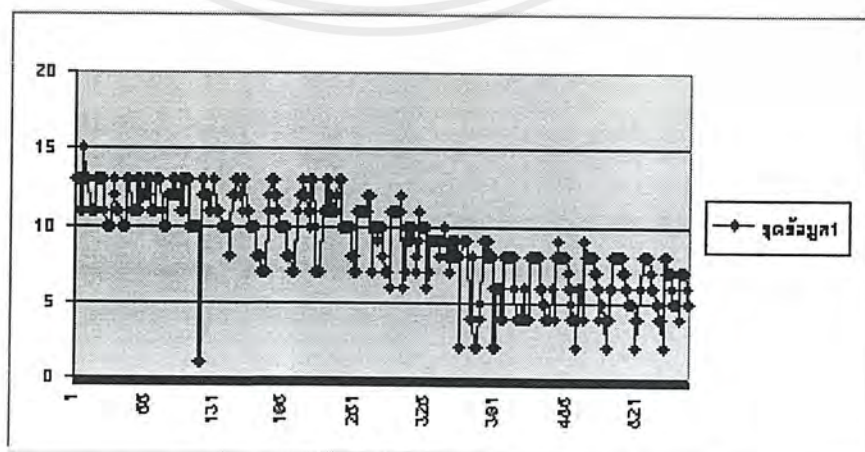
รูปที่ 6-43 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 9

ค่า Y



รูปที่ 6-44 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 9

ค่า Z

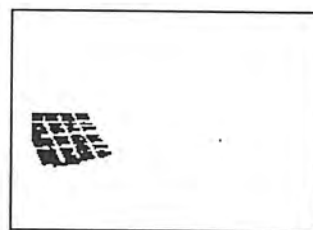
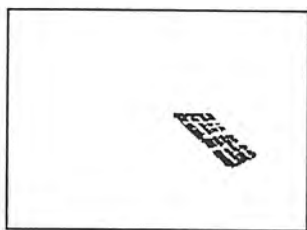


รูปที่ 6-45 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 6.1.10 ผลการทดลองครั้งที่ 10

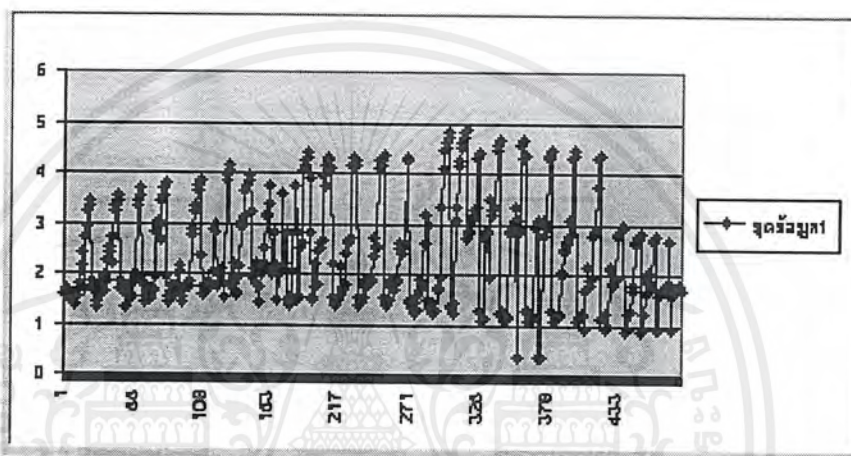


รูปที่ 6-46 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 10

รูปที่ 6-47 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 10

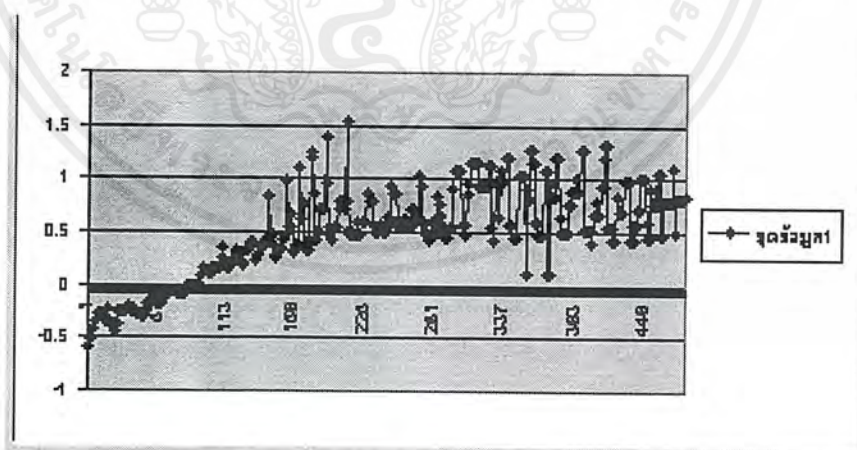
กราฟที่ได้

ค่า X



รูปที่ 6-48 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 10

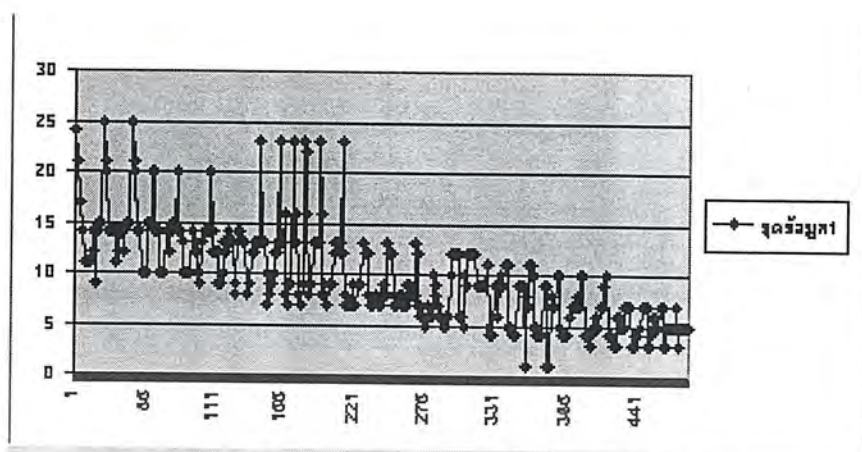
ค่า Y



รูปที่ 6-49 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Z

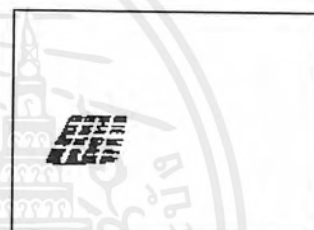


รูปที่ 6-50 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 10

6.1.11 ผลการทดลองครั้งที่ 11



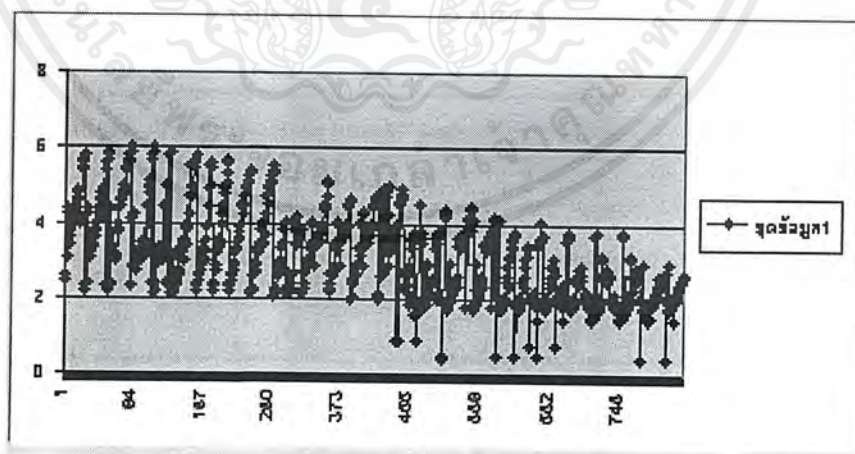
รูปที่ 6-51 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 11



รูปที่ 6-52 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 11

กราฟที่ได้

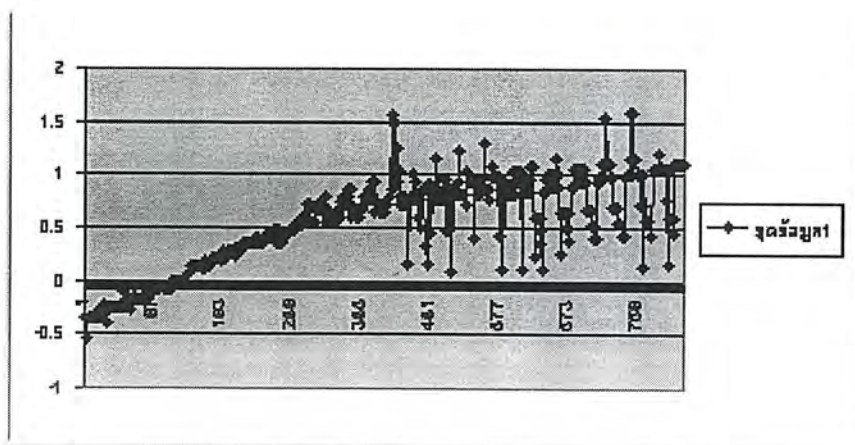
ค่า X



รูปที่ 6-53 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 11

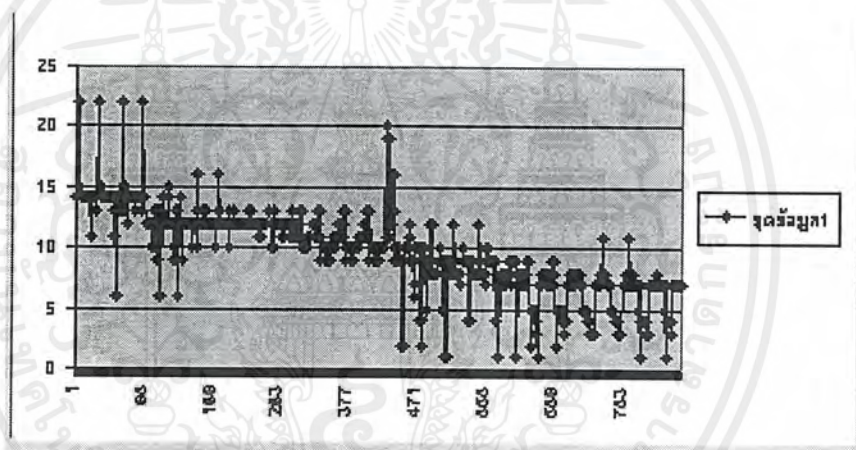
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Y



รูปที่ 6-54 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 11

ค่า Z

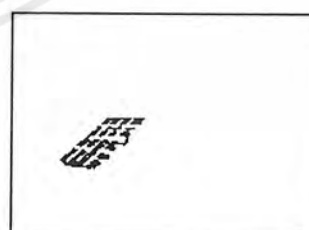


รูปที่ 6-55 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 11

6.1.12 ผลการทดลองครั้งที่ 12



รูปที่ 6-56 รูปภาพด้านซ้ายของผลการทดลองที่ 12



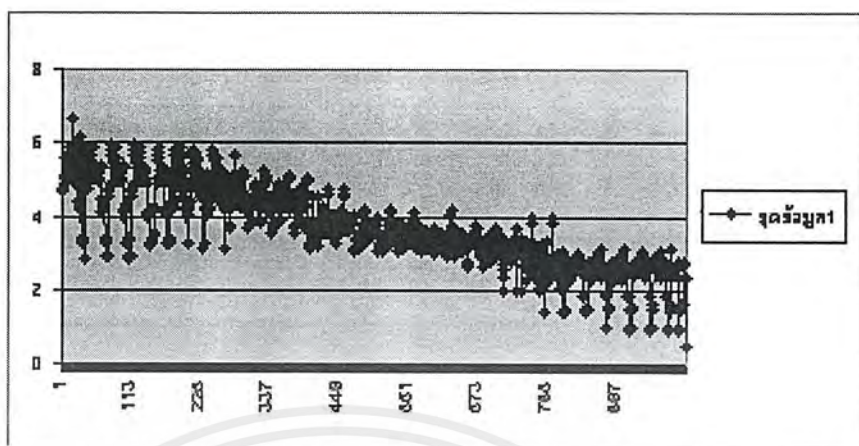
รูปที่ 6-57 รูปภาพด้านขวาของผลการทดลองที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



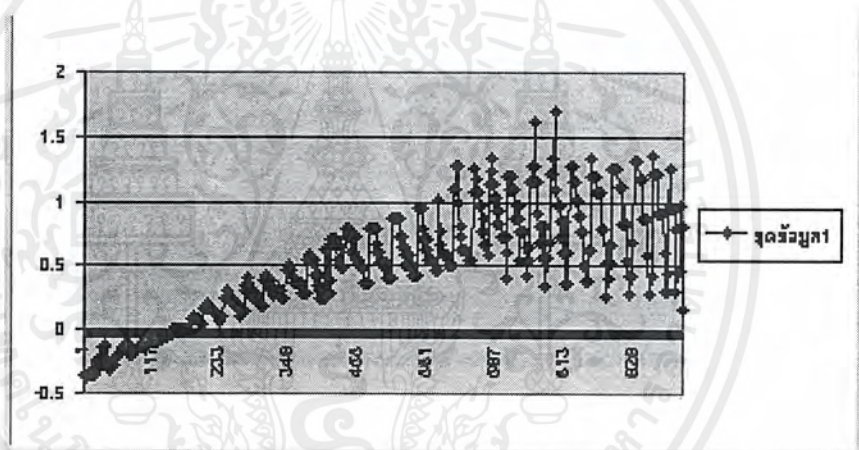
กราฟที่ได้

ค่า X



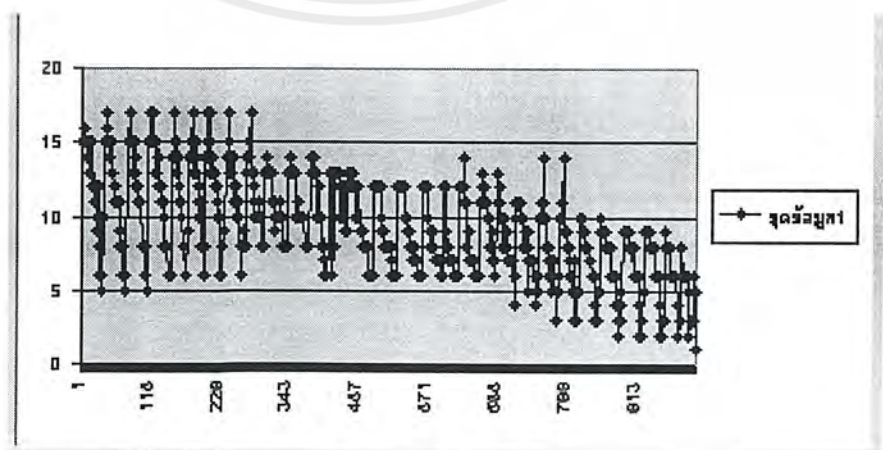
รูปที่ 6-58 กราฟของค่า X ที่ได้จากการทดลองที่ 12

ค่า Y



รูปที่ 6-59 กราฟของค่า Y ที่ได้จากการทดลองที่ 12

ค่า Z



รูปที่ 6-60 กราฟของค่า Z ที่ได้จากการทดลองที่ 12

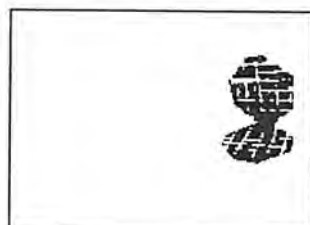
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 6.2 ผลของขั้นตอน Recognition



รูปที่ 6-61 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูปเป็น False



รูปที่ 6-62 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูปเป็น True



รูปที่ 6-63 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูปเป็น True



รูปที่ 6-64 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูปเป็น False



รูปที่ 6-65 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True

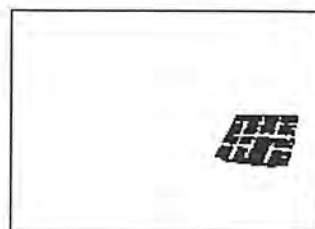


รูปที่ 6-66 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



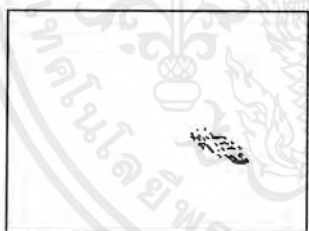
รูปที่ 6-67 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True



รูปที่ 6-68 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป False



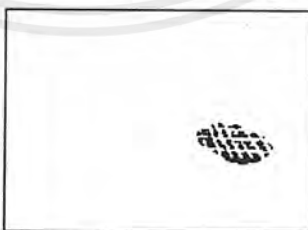
รูปที่ 6-69 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True



รูปที่ 6-70 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True



รูปที่ 6-71 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True



รูปที่ 6-72 ผลการจดจำวัตถุตั้งรูป True

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 7

### สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะอธิบายถึงสาเหตุของการเกิดผลที่ผิดพลาดและวิธีการแก้ไข โดยจะวิเคราะห์ผลในขั้นตอน Stereopsis และ Recognition

#### 7.1 วิเคราะห์ผลจากขั้นตอน Stereopsis

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เพราะระบบที่เราสร้างจะสามารถตรวจสอบว่าเป็นวัตถุใดก็จะต้องขึ้นกับความถูกต้องของ Cartesian coordinate ที่รับเข้ามา ดังนั้นถ้า Cartesian coordinate ผิดพลาดผลการจดจำวัตถุก็จะพลาดไปด้วย

ดังนั้นเราสามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุและวิธีการแก้ไขได้ดังนี้

**สาเหตุที่ 1** การหาจุดที่เป็นจุดของภาพ 2 ภาพที่แทนจุดเดียวกันในโลกจริงมีความผิดพลาด

สาเหตุอื่นเนื่องมาจากวิธีการที่ใช้ในการหา Cartesian coordinate ที่อยู่บนพื้นฐานของการหาจุดที่แทนจุดบนโลกจริงเดียวกันของภาพซ้ายและขวาด้วยการตรวจสอบเพื่อนบ้านของจุดที่ต้องการตรวจสอบ ดังนั้นการตรวจสอบนี้อาจมีข้อผิดพลาดได้เนื่องจากความไม่มีเอกลักษณ์ของพื้นผิว ซึ่งเราสามารถแก้ไขได้โดย

แก้ไขโดยแก้ไขโดย

1. สร้างวัตถุให้มีพื้นผิวแต่ละจุดเป็นเอกลักษณ์ วิธีการสร้างสามารถทำได้โดยทาสีขาวลงบนวัตถุซึ่งจะมีผลทำให้เกิดเอกลักษณ์บนพื้นผิววัตถุหลัง Segmentation แล้ว

2. การให้แสงแก่วัตถุควรให้แสงเพื่อการสร้างมิติของวัตถุ วิธีการนี้เราต้องมีระบบแสงที่ตีเพียงพอและวัตถุที่ใช้ทดสอบต้องมีขนาดใหญ่พอสมควร เนื่องจากหากวัตถุมีขนาดเล็กแล้วความแตกต่างของมิติก็จะน้อยลงไปด้วย

**สาเหตุที่ 2** ไม่สามารถรับภาพของวัตถุได้ครบถ้วน

เนื่องจากระบบ ทำงานภายใต้สมมติฐานที่ต้องเห็นภาพของวัตถุได้ครบถ้วนจึงสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เข้ามาได้ แต่ถ้าภาพที่ระบบรับเข้ามาไม่มีความครบถ้วนในรายละเอียดของวัตถุ(ผู้ใช้เป็นผู้สังเกต)เราสามารถแก้ไขได้โดย

แก้ไขโดยแก้ไขโดย

1. ขยับวัตถุออกจากสิ่งที่ใช้ถ่ายภาพ เนื่องจากข้อจำกัดทางขอบเขตของเลนส์และระยะห่างระหว่างเลนส์ทางด้านซ้ายและขวา ทำให้เกิดข้อจำกัดของระยะห่างของวัตถุที่ระบบสามารถรับข้อมูลได้อย่างครบถ้วน ดังนั้นหากวัตถุอยู่ใกล้เลนส์ทั้งสองมากเกินไป ภาพที่ได้มาก็จะไม่สามารถแสดงข้อมูลของวัตถุได้ครบถ้วน ดังนั้นเราจึงต้องเลื่อนวัตถุออกจากเลนส์ที่ใช้ถ่ายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สาเหตุที่ 3 จุดของวัตถุที่รับเข้ามา ไม่เพียงพอต่อการสร้างระนาบ

เนื่องจากความต้องการที่จะสร้างเอกลักษณ์ให้แก่พื้นผิวของวัตถุ ทำให้เราต้องหาสี่ขาลงบนพื้นผิวที่เป็นสีค่าของวัตถุ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้จำนวนของจุดที่ใช้แทนวัตถุมีปริมาณน้อยลงหลังจากทำ Segmentation แล้ว อันจะมีผลทำให้เราไม่สามารถนำจุดที่น้อยนี้ไปสร้างระนาบได้

แก้ไขโดยแก้ไขโดย

1. เพิ่มส่วนที่เป็นสีค่าแก่พื้นผิวของวัตถุที่ทำการทดสอบ หลังจากทำการเพิ่มแล้ว เราต้องคำนึงถึงการสูญเสียเอกลักษณ์ของพื้นผิวด้วย ดังนั้นปริมาณการเพิ่มสีค่าต้องได้จากการทำการทดลอง

สาเหตุที่ 4 เนื่องจากการหา Cartesian coordinate ของระบบ มิได้คำนึงถึงความคลาดเคลื่อนในการตรวจหาจุดภาพข้างเคียงกับการเปลี่ยนแปลงระยะห่างของจุดของวัตถุ

แก้ไขโดยแก้ไขโดย

1. ในการตรวจสอบเพื่อหาจุด 2 จุดบนภาพด้านซ้ายและขวาที่แสดงถึงจุดเดียวกันบน โลกจริงจะต้องนำเอาสมการในภาคผนวก ข มาประยุกต์ใช้ด้วย

#### 7.1 วิเคราะห์ผลจากขั้นตอน Recognition

ถ้าเราสมมุติว่าขั้นตอนในการ Segmentation และ Stereopsis มีความสมบูรณ์ ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อความผิดพลาดที่เกิดในขั้นตอน Recognition แบ่งเป็น 2 ข้อดังนี้

1. การนิยาม Functional Property ของวัตถุ สิ่งนี้จะขึ้นกับผู้ใช้ระบบที่ต้องการนิยามวัตถุโดยอาศัยวิธีการใช้งาน ดังนั้นระบบจะทำงานภายใต้คำนิยามนี้เท่านั้น
2. ความสามารถของระบบที่จะวิเคราะห์วัตถุตามที่นิยาม โดย Functional Property

## ภาคผนวก ก

### การประมาณโดยใช้ Least Square Error

เมื่อเรามีข้อมูลมากมายซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจสามารถถูกแทนด้วยสมการบางประเภท ซึ่งวิธีการหนึ่งที่จะทำให้เราสามารถสร้างสมการเหล่านี้คือ การใช้ Least Square Error โดยแนวคิดคือเราต้องนิยามลักษณะของสมการที่คิดว่าสัมพันธ์กับข้อมูล เช่นข้อมูลนี้น่าจะสามารถถูกแทนด้วยสมการเส้นตรง เป็นต้น เมื่อได้ลักษณะของสมการ โดยสมการเหล่านี้เราจะมีค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเราไม่ทราบค่าอยู่ ดังนั้นวิธีการ Least Square Error จะถูกใช้เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้

#### ก.1 วิวัฒนาการของสมการที่ใช้ในการประมาณ

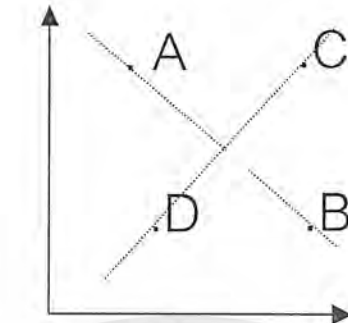
วิธีในการประมาณค่าในฟังก์ชัน(F) สามารถทำได้ 3 แบบคือ

1.  $\sum_{i=1}^n e_i = \sum_{i=1}^n (F_i)$  โดยที่  $n$  คือจำนวนของข้อมูลที่จะนำมาทดสอบ เมื่อพิจารณารูปที่ ก-1 จะพบว่าวิธีการนี้ไม่สามารถที่จะหาฟังก์ชันที่เป็นเส้นตรงระหว่างจุด A กับ B ได้ เนื่องจากเส้นตรงที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของจุด A กับ B จะทำให้ได้ค่าความผิดพลาดเป็น 0 ดังนั้นวิธีนี้จึงยังมีข้อผิดพลาดอยู่



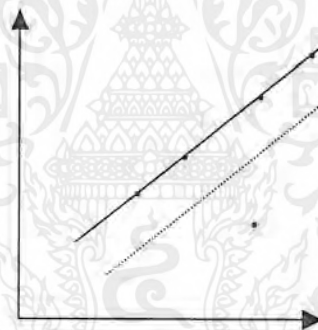
รูปที่ ก-1 แสดงลักษณะของกราฟที่ผิดพลาด

2.  $\sum_{i=1}^n |e_i| = \sum_{i=1}^n (F_i)$  โดยที่  $n$  คือจำนวนของข้อมูลที่จะนำมาทดสอบ เมื่อพิจารณารูปที่ ก-2 จะพบว่าวิธีกรนี้จะให้เส้นตรงเพียงเส้นเดียวเมื่อมีจำนวนข้อมูลหลายตัว ดังนั้นวิธีการนี้จึงยังมีข้อผิดพลาดอยู่ ทำให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ดังนั้นวิธีการนี้จึงยังมีข้อผิดพลาดอยู่



รูปที่ ก-2 แสดงลักษณะของกราฟที่ผิดพลาด

3.  $\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n F_i^2$  โดยที่  $n$  คือจำนวนของข้อมูลที่จะนำมาทดสอบ เมื่อพิจารณารูปที่ ก-3 จะพบว่าวิธีกรนี้จะให้เส้นตรงเพียงเส้นเดียวเมื่อมีจำนวนข้อมูลหลายตัว ดังนั้นวิธีการนี้จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการหาค่าตัวแปรต่างๆภายในฟังก์ชัน



รูปที่ ก-3 แสดงลักษณะของกราฟที่ถูกต้อง

ก.2 การนำไปใช้งาน

สมมติว่าเราต้องการหาสมการเส้นตรง  $y = a_0 + a_1x + e$  โดยวิธีการ Least Square Error ดังนั้นเราต้องสร้างสมการที่ (1)

$$s_r = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i)^2 \quad \text{สมการที่ (1)}$$

หลังจากนี้เราต้อง Differentiate สมการที่ (1) เทียบกับสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชัน ในที่นี้คือ  $a_0, a_1$  ซึ่งจะทำให้ได้สมการที่ (2) และสมการที่ (3)

$$\frac{\partial s_r}{\partial a_0} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1x_i) \quad \text{สมการที่ (2)}$$

$$\frac{\partial s_r}{\partial a_1} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1x_i)x_i \quad \text{สมการที่ (3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น หากมีข้อผิดพลาดประการใดไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อเราแทนค่า  $\frac{\partial S_r}{\partial a_0}$  ,  $\frac{\partial S_r}{\partial a_1}$  ในสมการที่ (2) และสมการที่ (3) ด้วย 0 จะมีผลทำให้ได้ค่า

ความผิดพลาดน้อยที่สุดดังนั้นเมื่อทำการแก้สมการที่ (2) และสมการที่ (3) จะทำให้เราได้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

## วิธีการสร้างระนาบโดยใช้วิธีการ Multiple Linear Regression

เมื่อเราได้ Cartesian coordinate ของวัตถุแล้ว เราต้องนำค่าเหล่านี้มาประมาณเพื่อใช้หาระนาบ เพื่อแทนระนาบของวัตถุ โดยการประมาณนี้จะใช้แนวคิดของ Least Square Error

## ข.1 สมการของ Multiple Linear Regression

สมการของระนาบคือ  $y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + e$  ดังนั้นเราจะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในสมการที่เหมาะสมที่สุดโดยหามาจากการ Differentiate สมการ  $S_r = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_{1i} - a_2 x_{2i})^2$  ซึ่งเราจะได้ผลดังสมการที่ (1) สมการที่ (2) สมการที่ (3)

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_0} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1 x_{1i} - a_2 x_{2i}) \quad \text{สมการที่ (1)}$$

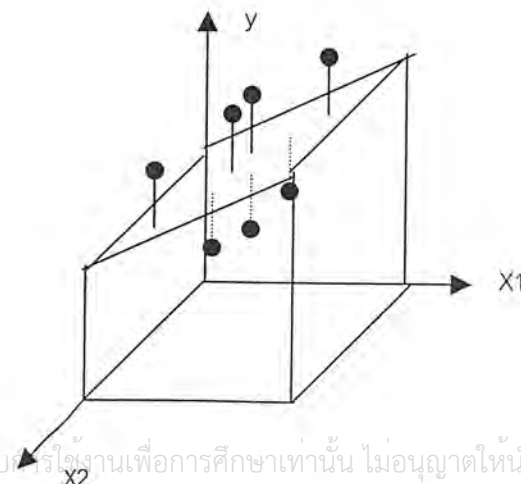
$$\frac{\partial S_r}{\partial a_1} = -2 \sum x_{1i} (y_i - a_0 - a_1 x_{1i} - a_2 x_{2i}) \quad \text{สมการที่ (2)}$$

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_2} = -2 \sum x_{2i} (y_i - a_0 - a_1 x_{1i} - a_2 x_{2i}) \quad \text{สมการที่ (3)}$$

หลังจากนั้นก็แทน  $\frac{\partial S_r}{\partial a_0}$ ,  $\frac{\partial S_r}{\partial a_1}$ ,  $\frac{\partial S_r}{\partial a_2}$  ด้วย 0 ดังนั้นเราก็สามารถที่จะหาสัมประสิทธิ์ โดยใช้สมการที่ (4)

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i} x_{2i} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{1i} x_{2i} & \sum x_{2i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{1i} y_i \\ \sum x_{2i} y_i \end{bmatrix} \quad \text{สมการที่ (4)}$$

หลังจากที่แก้สมการที่ (4) แล้วจะได้ระนาบดังรูปที่ ข-1



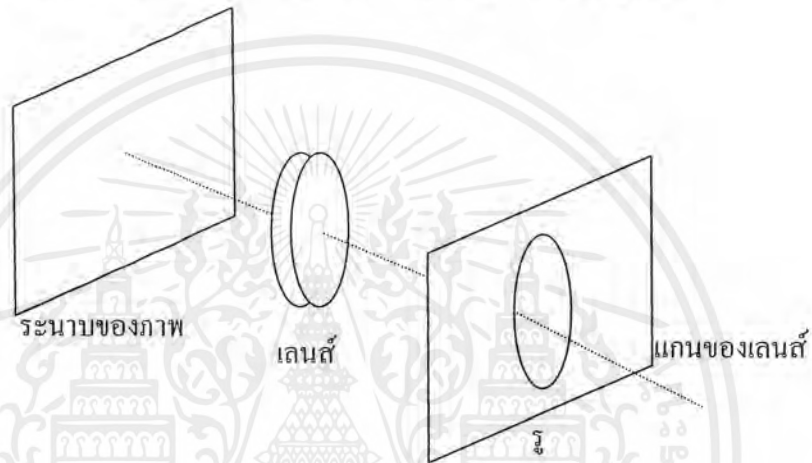
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไขและตัดทอนลิขสิทธิ์ของเอกสารพจนานุกรมที่มีการนำไปใช้  
รูปที่ ข-1 ระนาบที่สร้างจากการประมาณโดย Multiple Linear Regression

## ภาคผนวก ก

## ทฤษฎีเลนส์

## ก.1 บทนำ

ในการที่จะเริ่มต้นความเข้าใจใน computer vision เราจะต้องเข้าใจการทำงานของเลนส์โดยแสงจากสภาพแวดล้อมจะเข้าผ่านรูแล้วตกกระทบบที่ระนาบของภาพ(image plane) ดังรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 แสดงระบบของเลนส์

จะพบว่าจุดๆหนึ่งบนระนาบของภาพอาจจะเกิดจากรังสีของแสงหลายๆรังสีซึ่งสะท้อนมาจากจุดเดียวกันในโลกจริง ซึ่งมีผลทำให้จุดภาพนั้น ไม่มีความคมชัด ดังนั้นแนวคิดในการแก้ไขคือให้รังสีเพียงรังสีเดียวมาตกกระทบบที่จุดภาพโดยรังสีนั้นสะท้อนมาจากจุดของวัตถุ ซึ่งจากแนวคิดนี้เราสามารถทำได้โดย

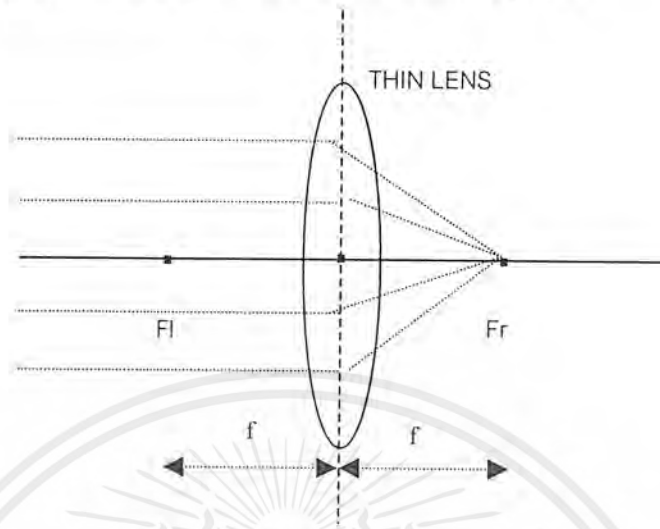
1. ลดขนาดของรูที่ให้แสงผ่าน ซึ่งจะมีผลทำให้มีปริมาณของจำนวนรังสีซึ่งสะท้อนมาจากจุดของวัตถุ มีปริมาณลดลง อันจะทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดขึ้น
2. ออกแบบระบบของเลนส์ใหม่เพื่อให้ทุกรังสีที่สะท้อนมาจากจุดของวัตถุ ปรากฏบนภาพเพียงจุดเดียว

เราสามารถวิเคราะห์ถึงการลดขนาดของรูที่ให้แสงผ่านได้ดังนี้ โดยเมื่อเราลดขนาดของรูลงจะมีผลทำให้ระยะเวลาที่จะได้ภาพสำเร็จยาวนาน เนื่องจากอุปกรณ์ที่ไวต่อแสงจะต้องมีรังสีตกกระทบบเป็นระยะเวลาหนึ่งถึงจะนำไปใช้งานได้ แต่จากผลการลดขนาดรูทำให้ปริมาณรังสีที่ตกกระทบบ ณ จุดภาพหนึ่งๆมีปริมาณน้อยลง ซึ่งในแต่ละการตกกระทบบของรังสีอาจมีปริมาณของการตกกระทบบ ณ จุดเดิมของรังสีต่ำ ซึ่งมีผลทำให้อุปกรณ์ที่ไวต่อแสงไม่สามารถตรวจเจอได้



## ค.2 ทฤษฎีของเลนส์บาง

เนื่องจากการนำทฤษฎีของเลนส์จริงๆ มาทำความเข้าใจการทำงานของมัน อาจเป็นการยาก ดังนั้นเราจะอธิบายวิธีการทำงานของเลนส์โดยใช้เลนส์บาง (Thin Lenses) ดังรูปที่ ค-2



รูปที่ ค-2 แสดงลักษณะการทำงานของเลนส์

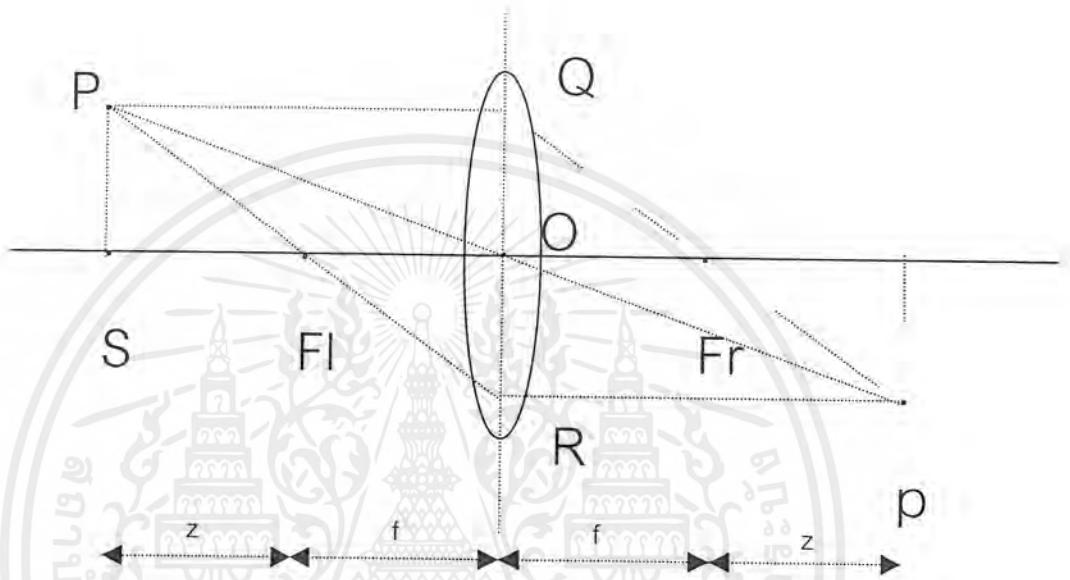
จากรูปที่ ค-2 จะมีแกนของเลนส์ที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางของเลนส์และตั้งฉากกับระนาบ  $F_l$  และ  $F_r$  คือจุดที่เรียกว่า โฟกัสด้านซ้ายและขวา ซึ่งจะอยู่บนแกนของเลนส์และมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของเลนส์เท่ากัน

เราสามารถอธิบายถึงลักษณะของการเคลื่อนที่ของรังสีดังนี้คือ

1. รังสีใดๆที่เข้าหาเลนส์โดยขนานกับแกนของเลนส์รังสีจะถูกไปรวมอยู่ที่จุดโฟกัสของอีกฝั่งหนึ่ง
2. รังสีใดๆที่กำเนิดจากจุดโฟกัสจะมีผลทำให้รังสีจะเดินทางเป็นเส้นขนานกับแกนของเลนส์ของอีกฝั่งหนึ่ง

ค.3 สมการพื้นฐานของเลนส์บาง

พิจารณารูปที่ ค-3. เราสามารถได้สมการพื้นฐานของเลนส์บางโดยใช้คุณสมบัติของการเคลื่อนที่ของรังสี 2 ข้อของเลนส์บางดังที่ได้อธิบายในหัวข้อ ค.2 ให้พิจารณาจุด P และให้ Z+f เป็นระยะทางจากจุด P จนถึงเลนส์ตามแนวของแกนของเลนส์ ดังนั้นเราสามารถหาตำแหน่งของจุด p โดยการตัดกันของ 2 รังสีจาก P ซึ่งรังสีอันแรกคือ PQ จะใช้คุณสมบัติข้อที่ 1 ของเลนส์บางและรังสีที่ 2 คือ PR จะใช้คุณสมบัติข้อที่ 2 ของเลนส์บาง



รูปที่ ค-3 โมเดลของเรขาคณิตของเลนส์

จากรูปที่ ค.3 เราได้สามเหลี่ยมที่คล้ายกันคือ  $\triangle PFIS \sim \triangle ROFI \sim \triangle psFr \sim \triangle QOFr$  ซึ่งทำให้เราได้สมการที่ (1)

$$Zz = f^2 \quad \text{สมการที่ (1)}$$

เมื่อเราแทน  $\hat{Z} = Z + f$  และ  $\hat{z} = z + f$  เราสามารถที่จะลดรูปของสมการได้เป็นสมการที่ (2) ซึ่งเป็นสมการที่เราต้องการ

$$\frac{1}{\hat{Z}} + \frac{1}{\hat{z}} = \frac{1}{f} \quad \text{สมการที่ (2)}$$

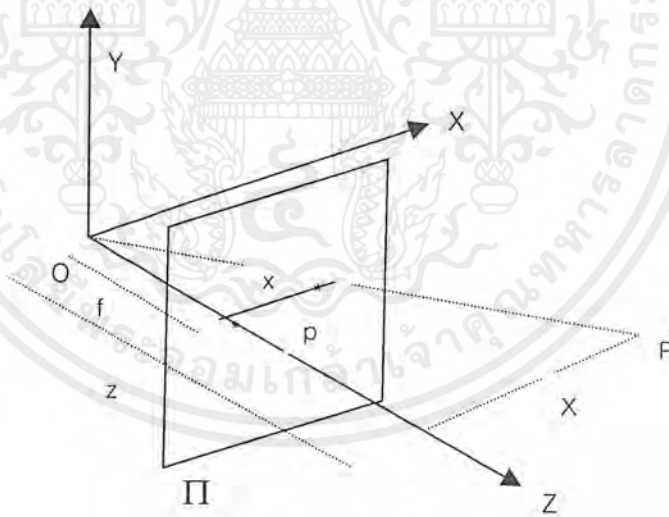
## ภาคผนวก ง

### เรขาคณิตของภาพ

เพื่อต้องการแมป(Map)จากจุดของโลกจริงกับจุดบนภาพเพื่อใช้หาค่า Cartesian coordinate ของจุดของโลกจริง ดังนั้นเราต้องมีความรู้ทางเรขาคณิตของภาพ

#### ง.1 โมเดลพื้นฐานของเรขาคณิตของภาพ

โมเดลทางเรขาคณิตของกล้องที่รับภาพเป็นดังรูปที่ ง-1 โดยโมเดลนี้ประกอบไปด้วยระนาบของภาพ ( $\Pi$ ) จุดโฟกัสของภาพฉาย ( $O$ ) ระยะห่างระหว่างระนาบของภาพและจุดโฟกัสของภาพฉายเราจะเรียกว่าระยะโฟกัส เส้นที่ลากผ่านจุดโฟกัสของภาพฉายและตั้งฉากกับระนาบของภาพเราจะเรียกว่าแกนของเลนส์ จุด  $P$  คือจุดของวัตถุที่จะพิจารณาซึ่งจะไปปรากฏบนระนาบของภาพที่จุด  $p$  ดังนั้นเราสามารถใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้ายเพื่อให้สามารถทราบตำแหน่งของจุดที่ไปปรากฏบนระนาบของภาพได้ โดยจากรูปที่ ง.1 เราจะได้สมการของตำแหน่งของจุดภาพดังสมการที่ (1)



รูปที่ ง-1 เรขาคณิตของภาพ

$$x = f \frac{X}{Z}$$

$$y = f \frac{Y}{Z}$$

สมการที่ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### บรรณานุกรม

- [1] Shimon Ullman : “**High-level Vision** Object Recognition and Visual Cognition” A Bradford Book The MIT Press Cambridge,Massachusetts London,England,ISBN 0-262-21013-4,1995
- [2] Louise Stark,Kevin Bowyes : “GENERIC OBJECT RECOGNITION USING FORM & FUNCTION” World Scientific Publishing Co Pte Ltd ,ISBN 981-02-1508-8,1996
- [3] Roberts,L.G.1965. Machine perception of three-dimensional solids, in Optical and Electro-Optical Information Processing. J.T. Tippett et al. (eds.), MIT Press, Cambridge,Massachusetts, 159-197
- [4] *CVGIP: Image Understanding*,55,(2),March,1992,special issue on “directions in CAD-based vision.”
- [5] *CVGIP: Image Understanding*,63,(3),May,1995,special issue on “model-based vision.”
- [6] Aloimonos,J.1990. Purposive and qualitative action vision, *DARPA Image Understanding Workshop*,816-828.
- [7] Christensen,H.I.,Bowyer,K.W. and Bunke,H.1993. Active Robot Vision,World Scientific,Singapore.
- [8] *CVGIP: Image Understanding*,56,(1),July,1992,special issue on “purposive,qualitative,active vision.”
- [9] Minsky,M.1985.The Society of Mind,Simon and Shuster,New York.
- [10] J.R.Parker : “ALGORITHMS FOR IMAGE PROCESSING AND COMPUTER VISION” John Wiley & Sons,Inc ISBN 0-471-14056-2 ,1997