



รายงานการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาโมดูลการมองเห็นแบบอัจฉริยะ

สำหรับประยุกต์ใช้งานด้านเกษตรกรรมด้วยเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF SMART VISION MODULE FOR
AGRICULTURE APPLICATION USING ARTIFICIAL
INTELLIGENCE TECHNIQUES**



ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาโมดูลการมองเห็นแบบชาญฉลาด

สำหรับประยุกต์ใช้งานด้านเกษตรกรรมด้วยเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF SMART VISION MODULE
FOR AGRICULTURE APPLICATION USING ARTIFICIAL
INTELLIGENCE TECHNIQUES**

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายกมล ไชยศรี

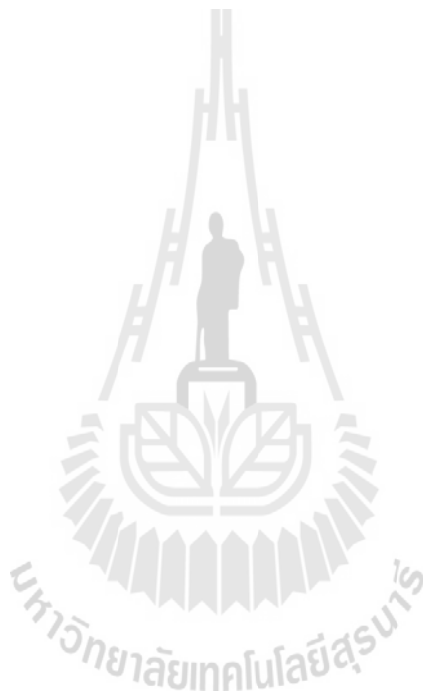
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2558

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จากหลาย ๆ ฝ่าย จนสำเร็จไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความเอื้อเฟื้อทั้งทางด้านสถานที่ เครื่องมือและบุคลากร ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์สำหรับการสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณพ.ศ. 2555

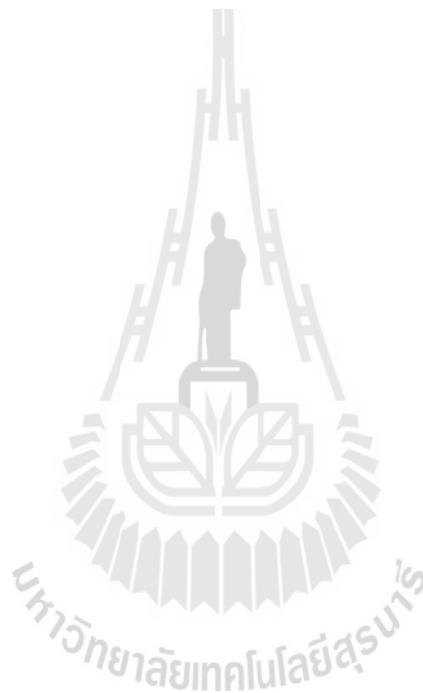


บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรรมความแม่นยำสูงได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงและมีความถูกต้องของผลลัพธ์มากยิ่งขึ้น โดยมุ่งเน้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเกษตรกรรม ซึ่งต้องอาศัยความแม่นยำจากอุปกรณ์หรือระบบต่าง ๆ สำหรับนำไปทำการคำนวณในแปลงเกษตร งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาโมดูลระบบการมองเห็นที่สามารถประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ ในแปลงเกษตรได้ โดยแต่ละโมดูลประกอบไปด้วยโมดูลกล้อง ตัวตรวจวัดความเร็ว ตัวตรวจวัดเชิงมุมและเข็มทิศดิจิทัล เมื่อประยุกต์ใช้โมดูลการมองเห็นดังกล่าว 3 ชุดอย่างเป็นระบบ จะทำให้สามารถประยุกต์ใช้ในการคำนวณข้อมูลที่ต้องการได้ ข้อมูลจากตัวตรวจวัดต่าง ๆ จะช่วยทำให้การติดตั้งระบบรอบ ๆ พื้นที่ทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีการปรับเทียบอุปกรณ์ ซึ่งมีผลให้การใช้งานจริงในแปลงเกษตรเป็นไปอย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เมื่อใช้ร่วมกับการประมวลผลภาพจากโมดูลกล้อง ได้แก่การจับคู่สเตอริโอของจุดภาพจากโมดูลการมองเห็นทั้ง 3 ชุด จะทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายและแม่นยำ ยกตัวอย่างเช่นการคำนวณปริมาตรทรงพุ่มของต้นไม้ เป็นต้น นอกจากนี้แล้ว งานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอการใช้เทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ในการประมวลผลข้อมูลจากตัวตรวจวัดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดภายในย่านทำงานของระบบ

Abstract

Now a day, high precision agriculture has been developed to be practical and more accurate for better efficiency. This better accuracy is partly depend on system of hardware for computation in field. This research proposed design and development of smart vision module suitable for agriculture applications. This smart vision module is composed of camera module, acceleration module, gyro and digital compass. By applying this sensor system, the automatic computing application can be obtained without any particular sensor calibration allowing convenient usage in outdoor field. This research also applied artificial intelligence techniques to improve accuracy within the range of system operation.



สารบัญ

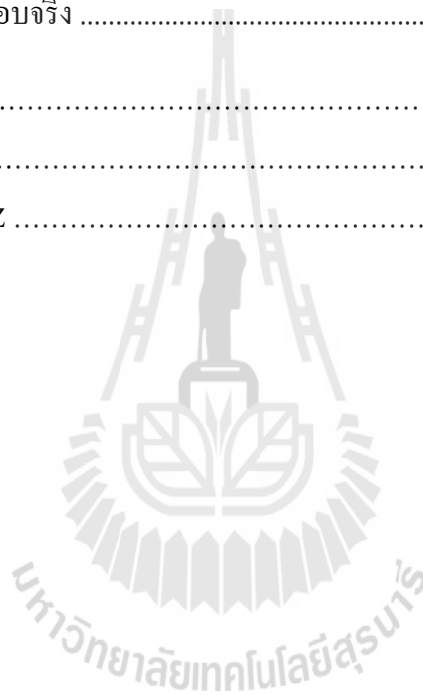
	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและแนวความคิดของงานวิจัย	
2.1 การตรวจจับการวางตัวของมอดูลโดยใช้เซนเซอร์ชนิดต่างๆ.....	4
2.2 การแปลงค่าตำแหน่งรูปภาพ.....	5
2.3 Image Matching	8
2.4 การวัดระยะห่างของวัตถุด้วยกล้องสเตอริโอที่วางตัวทำมุมกัน.....	8
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัยและผลการวิจัย	
3.1 การหาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการแปลงด้วย Genetic Algorithm	10
3.2 กำหนดระยะห่างของวัตถุโดยใช้มุมมองของรูปภาพช่วยในการคำนวณ.....	12
3.3 การจับคู่รูปภาพด้วยเทคนิควิธีทางปัญญาประดิษฐ์.....	19
3.4 สรุป	26
บทที่ 4 บทสรุป	
4.1 สรุปผลการวิจัย	27
4.2 ข้อเสนอแนะ	27
บรรณานุกรม	28
ประวัติผู้วิจัย	30

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การประยุกต์วัดขนาดทรงพุ่มด้วยกล้องระบบสเตอริโอ.....	3
รูปที่ 2.2 Image Transformation	5
รูปที่ 2.3 Image Rotation 3D	6
รูปที่ 2.4 Image Translation	6
รูปที่ 2.5 Image Scaling	6
รูปที่ 2.6 Image Shear	7
รูปที่ 2.7 Image Projective Translation	7
รูปที่ 2.8 Image Matching	8
รูปที่ 2.9 Template Matching	8
รูปที่ 2.10 กล้องสเตอริโอวางตัวทำมุมกัน	9
รูปที่ 3.1 Rotation Image	10
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการหมุนรูป	11
รูปที่ 3.3 มุมมองภาพและพื้นที่การมองเห็น	13
รูปที่ 3.4 จุดสนใจเปลี่ยนไป ทิศทางและตำแหน่งมอดูลยังเหมือนเดิม	13
รูปที่ 3.5 การคำนวณจุดสนใจใหม่เชิงเรขาคณิต	13
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างมุมกล้อง	14
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างผลการจับคู่รูปภาพ	15
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างผลลัพธ์ของตำแหน่งที่ได้เทียบกับตำแหน่งในโลกจริง	15
รูปที่ 3.9 การระบุตำแหน่งที่สนใจ	16
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งที่สนใจในระนาบ X Z และ X Y	16
รูปที่ 3.11 ตำแหน่งที่สนใจในระนาบ X Y Z	17
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างผลการจับคู่	17
รูปที่ 3.13 ตัวอย่างผลการจับคู่รูปในระนาบ X Z และ X Y	17
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างผลการจับคู่รูปในระนาบ X Y Z	18
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างผลการจับคู่ (ชุดที่ 2)	18
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างผลการจับคู่ในระนาบ x z และ x y	19
รูปที่ 3.17 ตัวอย่างผลการจับคู่ในระนาบ X Y Z	19
รูปที่ 3.18 แผนผังระบบจับคู่จุดภาพโดยใช้ Fuzzy ในการประมาณค่าตำแหน่ง	20
รูปที่ 3.19 การวางของมอดูลที่ทดสอบ	21

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.20 ตำแหน่งที่เลือก $X = 319$	22
รูปที่ 3.21 กรอบที่ได้จากการประมาณค่า	22
รูปที่ 3.22 ตำแหน่งที่เลือก $X = 243$	22
รูปที่ 3.23 กรอบที่ได้จากการประมาณค่า	22
รูปที่ 3.24 ตำแหน่งที่เลือก $X = 243$	23
รูปที่ 3.25 กรอบที่ได้จากการประมาณค่า	23
รูปที่ 3.26 จุดภาพที่ใช้ในการทดสอบจริง	24
รูปที่ 3.27 จุดภาพในระนาบ $X Y$	25
รูปที่ 3.28 จุดภาพในระนาบ $X Z$	25
รูปที่ 3.29 จุดภาพในระนาบ $X Y Z$	26



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างค่าการแปลงรูปภาพชุดที่ 1	11
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างค่าการแปลงรูปภาพชุดที่ 2	12



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผลผลิตทางการเกษตรมีส่วนสำคัญในการหล่อเลี้ยงประชากรทั้งโลก ประเทศไทยของเรานั้นถือว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีทั้งองค์ความรู้ทางวิชาการมากมาย รวมทั้งเทคโนโลยีที่ช่วยในการทำการเกษตรและช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกร ทำให้เกษตรกรในประเทศมีความรู้ความชำนาญในการทำการเกษตร มีการคิดค้นวิธีที่จะช่วยในการทำการเกษตรให้มีผลผลิตที่มากขึ้น การควบคุมคุณภาพการผลิตดูแลการผลิตให้มีประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น โดยการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการควบคุมทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์นำมาใช้งานในด้านต่างๆ ทำให้มีความหลากหลายในการใช้งานเฉพาะด้าน เช่น ระบบฟาร์มอัจฉริยะ ระบบปลูกพืชในร่ม ระบบให้น้ำอัตโนมัติ การควบคุมสภาวะแวดล้อมของพืช การใช้เซนเซอร์ช่วยในการวัดค่าต่างๆ ในทางการเกษตร การควบคุมระบบด้วยตัวตรวจจับ ไร้สาย และการใช้งานด้านการประมวลผลภาพในงานด้านเกษตรกรรม เป็นต้น ทำให้การใช้งานทางด้านเกษตรกรรมมีคุณภาพและความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาโมดูลการมองเห็นแบบอัจฉริยะ ที่สามารถใช้งานในพื้นที่จริง เช่น ฟาร์มเกษตรกรรม เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในการทำการเกษตรให้สะดวกสบายขึ้น และการที่ต้องนำไปใช้งานในพื้นที่จริงนั้น มีข้อจำกัดทางด้านสภาวะแวดล้อมที่ซับซ้อน ทำให้การคำนวณหรือการประมวลผลต่างๆ เป็นสิ่งที่ยาก เช่น การคำนวณรูปทรง การคำนวณปริมาตร ซึ่งแตกต่างกับการทดลองในห้องทดลองที่สามารถกำหนดสภาวะแวดล้อม สภาวะแสง และสภาพพื้นที่ให้สม่ำเสมอได้ การทำการเกษตรนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้การมองเห็นในการตัดสินใจหลายๆอย่าง ไม่ว่าจะเป็น รูปทรง ปริมาตร ความสูง ความหนาแน่น คุณภาพของผลผลิต การคัดแยก การประมาณ การกระระยะ จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าเกษตรกรจะใช้การมองเห็นเป็นหลัก จึงได้นำเสนอโมดูลที่มีระบบการประมวลผลภาพเป็นหลัก เพื่อช่วยในการตัดสินใจ และช่วยให้เกษตรกรที่ยังไม่มีความชำนาญพอตัดสินใจได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามโมดูลการมองเห็นเพียงหนึ่งตัวอาจจะไม่เพียงพอในการประมวลผล อาจจะใช้โมดูลมากกว่า 1 ตัวเพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลที่สามารถบ่งบอกความลึก ขนาดและปริมาตรได้ และการใช้งานร่วมกับตัวตรวจจับชนิดต่างๆ เช่น ตัวตรวจจับความเร่ง (Accelerometer) ไจโรสโคป (Gyroscope) เข็มทิศดิจิทัล (Digital Compass) ตัวตรวจจับความเข้มแสง (Light Sensor) ข้อมูลจากตัวตรวจจับที่กล่าวมานี้จะช่วยในการประมวลผลภาพทำให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น สำหรับโมดูลการมองเห็นอัจฉริยะนั้น การออกแบบจะต้องทำให้โมดูลสามารถพกพาได้สะดวก ใช้งานง่าย มีประสิทธิภาพในการคำนวณที่สูง และประหยัดพลังงาน เมื่อออกแบบ

ฮาร์ดแวร์ร่วมกับเทคนิควิธีคำนวณแบบปัญญาประดิษฐ์แล้ว ยังจะทำให้มอดูลการมองเห็นอัจฉริยะสามารถรองรับการใช้งานด้านเกษตรกรรมได้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อออกแบบและพัฒนาโมดูลการมองเห็นสำหรับใช้ในงานด้านเกษตรกรรม
- เพื่อศึกษาออกแบบอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ สำหรับใช้งานการประมวลผลภาพในงานด้านเกษตรกรรม
- เพื่อให้ได้มอดูลการมองเห็นสำหรับติดตั้งในพื้นที่เกษตรกรรม

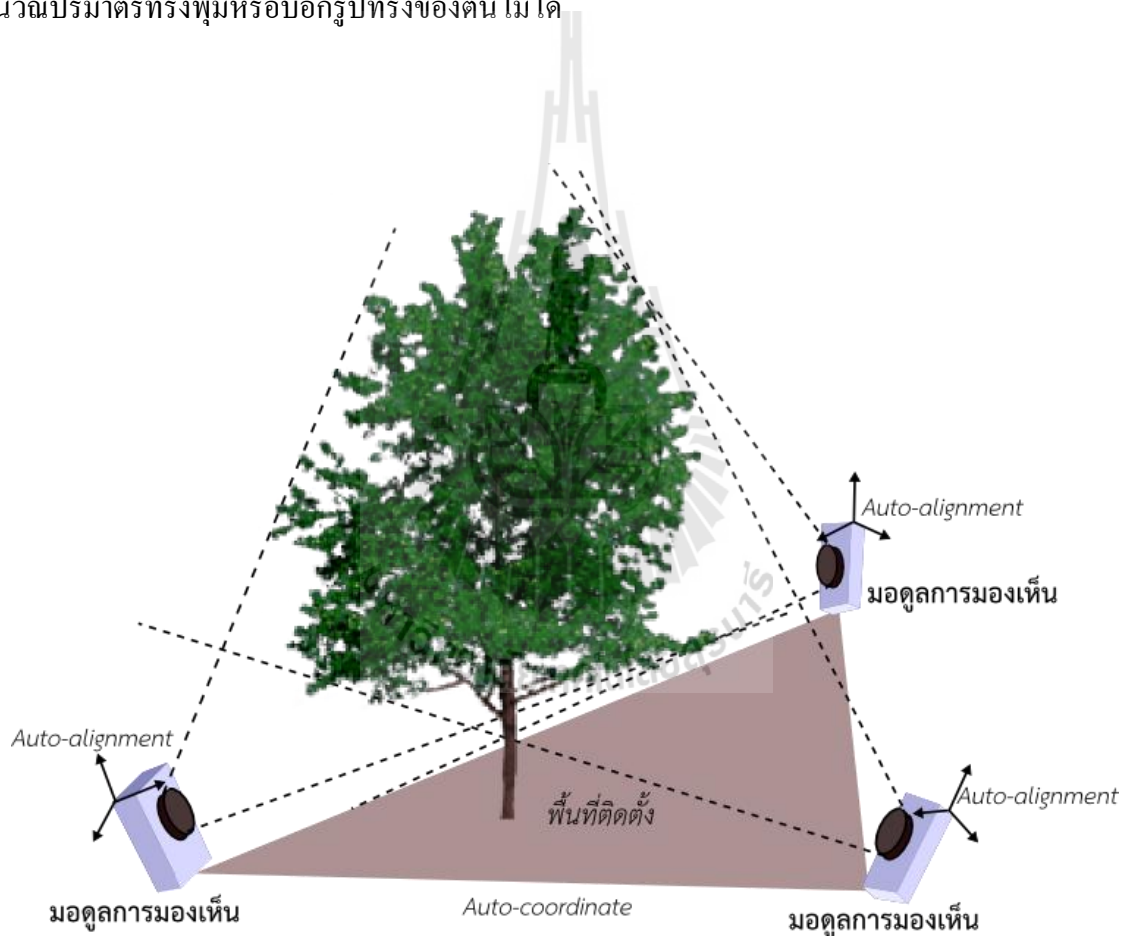
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้องค์ความรู้ด้านการออกแบบและพัฒนาโมดูลการมองเห็น (vision module) สำหรับงานในพื้นที่เกษตรกรรม
- ได้องค์ความรู้ด้านการออกแบบอัลกอริทึมการประมวลผลภาพด้วยวิธีการทางปัญญาประดิษฐ์
- ได้ประยุกต์ใช้มอดูลการมองเห็นในงานด้านเกษตรกรรม

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและแนวความคิดของงานวิจัย

การออกแบบมอดูลการมองเห็นจะประกอบไปด้วยระบบการประมวลผลภาพโดยใช้กล้องระบบสเตอริโอ ระบบกล้องสเตอริโอนี้สามารถบอกระยะความลึกของวัตถุในตำแหน่งสามมิติได้ เพื่อให้การประมวลผลมีประสิทธิภาพ ได้มีการใช้งานร่วมกับเซนเซอร์ชนิดต่างๆที่มีอยู่ในมอดูล ทำให้การประมวลผลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างการใช้งานทางด้านเกษตร เช่นการตัดวัดความสูงของต้นไม้ และการคำนวณปริมาตรทรงพุ่มหรือบอกรูปทรงของต้นไม้ได้



รูปที่ 2.1 การประยุกต์วัดขนาดทรงพุ่มด้วยกล้องระบบสเตอริโอ

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานมอดูลในการตรวจวัดทรงพุ่มของต้นไม้ในรูปที่ 1 ประกอบด้วยมอดูลการมองเห็นมากกว่า 1 ตัว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามมิติที่บอกความลึกให้รูปแบบ 3 มิติได้ มอดูลแต่ละตัวจะติดตั้งเซนเซอร์ชนิดต่างๆ เช่น ตัวตรวจจับความเร่ง(Accelerometer) ไจโรสโคป(Gyroscope) เข็มทิศดิจิทัล(Digital Compass) เซนเซอร์ที่กล่าวมานี้จะให้ข้อมูลในการการวางตัวของมอดูลทำให้สามารถ

คำนวณการวางตัวได้อย่างอัตโนมัติ และการวัดระยะทางระหว่างมอดูลแต่ละตัว ซึ่งจะช่วยในการคำนวณปริมาตรทรงพุ่มให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น

2.1 การตรวจจับการวางตัวของมอดูลโดยใช้เซนเซอร์ชนิดต่างๆ

ในการใช้มอดูลการมองเห็นในพื้นที่การใช้งานจริง จะต้องมิตัวตรวจจับการวางตัวของมอดูลอยู่ด้วย เพื่อให้ทราบถึงการวางตัวของรูปภาพ ทิศทางของมอดูลทำมุมกันกี่องศา ข้อมูลที่ได้มานี้จะเป็นประโยชน์ในการประมวลผลร่วมกับรูปภาพต่อไป

2.1.1 เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer)

เซนเซอร์วัดความเร่ง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการวางตัวของมอดูล โดยใช้หลักการตรวจจับแรงโน้มถ่วงของโลก ที่กระทำกับตัวมอดูลในแต่ละแกนอันประกอบไปด้วย X Y และ Z ค่าแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำในแต่ละแกนนั้น สามารถนำมาคำนวณหามุมที่มอดูลกระทำกับพื้นโลกได้ ผลรวมของแรงโน้มถ่วงที่กระทำในแต่ละแกนของเซนเซอร์ จะสามารถหาแรงที่กระทำระหว่างแกนแต่ละแกนได้ โดยใช้หลักการของเวกเตอร์ ค่าแรงโน้มถ่วงที่กระทำในแต่ละแกนนี้สามารถจะนำไปหามุมที่มอดูลกระทำกับพื้นโลกได้

2.1.2 เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope)

เซนเซอร์ความเร็วเชิงมุมนั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วที่หมุนรอบแกน X Y และ Z ของมอดูลสามารถนำค่าความเร็วเชิงมุมที่ได้นี้ไปแปลงเป็นมุมได้ ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ในการการมุมการเอียงและการวางตัวของมอดูลได้แม่นยำขึ้น เนื่องจากเซนเซอร์วัดค่าความเร่งนั้นอ่อนไหวต่อแรงสั่นสะเทือนมาก เพราะใช้ค่าความเร่งในแต่ละแกนมาคิด ทำให้เมื่อนำไปใช้งานในสภาวะพื้นที่จริงนั้นทำให้เกิดค่าความผิดพลาดเนื่องจากเราไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ จึงได้ใช้เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมเข้ามาช่วยในการหาการวางตัวของมอดูล เพราะเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมนั้นจะวัดเฉพาะค่าที่เป็นความเร็วในการหมุนรอบแกนเท่านั้น จะไม่อ่อนไหวต่อแรงสั่นสะเทือนเหมือนเซนเซอร์วัดความเร่ง มีผลทำให้ค่าการวางตัวที่นำไปใช้ในการประมวลผลมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม คือการหาค่าความเร็วในการหมุนรอบแกน X Y Z โดยค่าที่ได้ออกมาจะเป็นค่าในช่วงความเร็วเชิงมุม ($^{\circ}/s$) เมื่อนำเอาความเร็วเชิงมุมที่ได้มาคูณเวลาเข้าไปก็จะได้ค่ามุมที่เปลี่ยนไปในเวลานั้น ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปใช้ในการหามุมการเอียงของมอดูลร่วมกับหามุมการเอียงด้วยตัวตรวจจับความเร่ง ในขณะที่ใช้งานในพื้นที่จริงได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง

2.1.3 เข็มทิศดิจิทัล (Digital Compass)

เข็มทิศดิจิทัลคือเครื่องมือสำหรับใช้หาทิศทางการวางตัวกันของมอดูลการมองเห็นอีกชนิดหนึ่ง จะใช้การบอกทิศทางแบบ อะซิมูท (Azimuth) โดยสามารถบอกทิศทางการทำมุมกันในแนวราบของมอดูลได้ โดยจะใช้หลักการเหมือนเข็มทิศทั่วไป คือการตรวจจับแรงและทิศทางของสนามแม่เหล็กโลกในพิภดสามมิติตามแนวแกน X Y และ Z แล้วนำค่าแรงและทิศทางที่ได้มาหามุมของเข็มทิศ ข้อมูลที่ได้มาจะมีค่าตั้งแต่ 0 - 359 องศา โดย 0 องศาในที่นี้คือทิศทางที่มอดูลการมองเห็นชี้ไปที่ทางทิศเหนือ

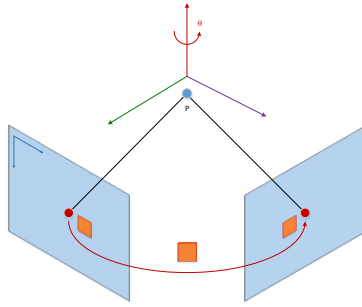
จากหลักการที่กล่าวมานี้ทำให้สามารถบอกได้ว่ามอดูลการมองเห็นแต่ละตัววางตัวทำมุมกันเท่าไร เป็นประโยชน์ในการวัดความอดูแต่ละตัววางตัวทำมุมกันเท่าใด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาปริมาตรทรงพุ่มและหาระยะทางที่มอดูลแต่ละตัวตั้งห่างกันอีกด้วย

2.2 การแปลงค่าตำแหน่งรูปภาพ

การใช้งานมอดูลจริงนั้นการวางตัวและตำแหน่งของรูปภาพอาจจะไม่เป็นไปได้หลายรูปแบบ ทำให้การแปลงค่าตำแหน่งรูปภาพให้อยู่ในมุมมองที่ใกล้เคียงกันนั้นมีความสำคัญในการประมวลผลรวมด้วย เนื่องจากตำแหน่งหรือจุดที่สนใจนั้นเมื่อมองจากคนละมุมนั้นทำให้รูปภาพที่ได้แตกต่างกัน มีผลทำให้การหาจุดที่คล้ายกันของรูปภาพนั้นมีความยากและผิดพลาดเกิดขึ้นด้วย จึงได้ใช้วิธีการแปลงค่าตำแหน่งของรูปภาพเพื่อให้อยู่ในมุมมองที่ใกล้เคียงกันที่สุดนั่นเอง

2.2.1 Image Transformation

ในการแปลงค่าตำแหน่งของรูปภาพนั้นจะใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการแปลงค่าตำแหน่งของรูปภาพ การแปลงรูปภาพจะทำโดยมีรูปภาพอยู่ 2 รูปได้แก่ 1. รูปต้นแบบ คือรูปที่จะใช้เป็นรูปภาพอ้างอิงจุดที่เราสนใจ โดยใช้มุมมองของรูปต้นแบบนี้เป็นหลัก 2. รูปที่ต้องการแปลง คือรูปภาพที่มองจากอีกมุมหนึ่งที่ไม่ใช่มุมมองเดียวกันกับรูปต้นแบบ เมื่อทำการถ่ายภาพวัตถุเดียวกันแต่ถ่ายจากมุมมองที่แตกต่างกัน วัตถุที่ปรากฏอยู่ทั้งสองรูปนั้นจะมีความแตกต่างกันด้านมุมมอง ทำให้ต้องใช้ในการแปลงค่าตำแหน่งของรูปภาพเข้ามาช่วยในการทำให้มุมมองของทั้งสองรูปนั้นคล้ายกันที่สุด เพื่อให้เป็นประโยชน์ในการจับคู่จุดภาพที่เราสนใจต่อไป ยกตัวอย่างดังรูปที่ 2.1 การแปลงค่าตำแหน่งของรูปภาพโดยใช้หลักการแปลงทางคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วยการแปลงเชิงตำแหน่งดังต่อไปนี้

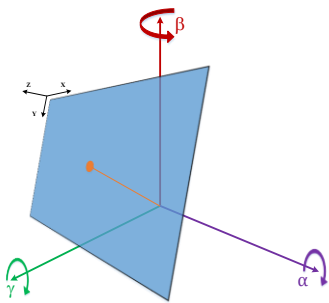


รูปที่ 2.2 Image Transformation

Rotation

การหมุนรอบแกนในรูปแบบสามมิติ การหมุนรูปภาพกระทำโดยโดยใช้ Matrix Transformation

ในการหมุนระนาบของรูปภาพรอบแกน X Y Z



รูปที่ 2.3 Image Rotation 3D

$$R_x(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

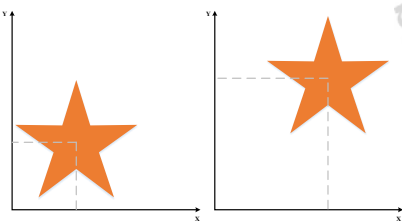
$$R_y(\beta) = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

$$R_z(\gamma) = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R = R_x(\alpha)R_y(\beta)R_z(\gamma)$$

Translation

การแปลงตำแหน่งของรูปภาพในแบบสองมิติ โดยจะทำการเลื่อนตำแหน่งบนแกน X และแกน Y

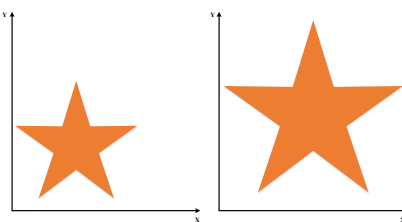


รูปที่ 2.4 Image Translation

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + t_x \\ y + t_y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Scaling

คุณสมบัติการสเกล คือการย่อหรือขยายขนาดของรูปภาพแบบสองมิติในแนวแกน X และ Y

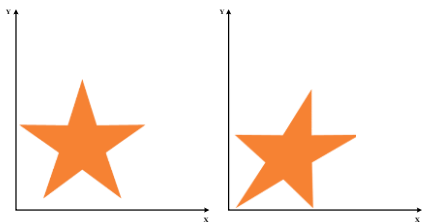


รูปที่ 2.5 Image Scaling

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x x \\ s_y y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Shear

คุณสมบัติการเฉือน เป็นการเลื่อนหรือเลื่อนรูปภาพไปในตามแนวตั้งและแนวนอนเท่านั้น การเลื่อนนั้นจะอยู่ในรูปแบบสองมิติ



รูปที่ 2.6 Image Shear

$$\text{Shear(Horizontal)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ Sh\alpha & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

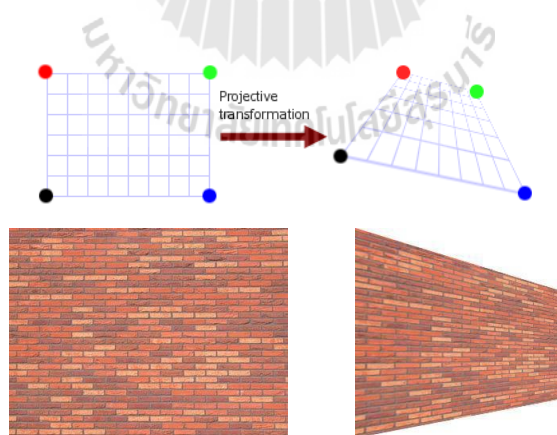
$$\text{Shear(Vertical)} = \begin{bmatrix} 1 & Sh\beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.2.2 Projective Transformation

เมื่อรวมคุณสมบัติการแปลงทั้งหมดแล้วจะได้รูปแบบการแปลงในแบบ Projective หรือ Perspective เป็นการเป็นการรวมคุณสมบัติการแปลง Rotation Translation Scale Shear เข้าด้วยกัน ทำให้การแปลงอยู่ในรูปแบบสามมิติดังรูปที่ 2.2 เมตริกซ์การแปลงนั้นเกิดจากการคูณกันของคุณสมบัติต่างๆ ดังสมการที่ 2.1 แล้วทำให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ H ดังสมการที่ 2.2

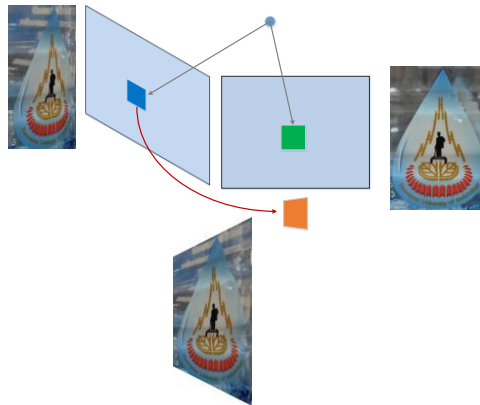
$$x' = [\text{Rotation}][\text{Translation}][\text{Scale}][\text{Shear}]x \quad (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.7 Image Projective Translation

ในงานวิจัยนี้จะได้ใช้ประโยชน์จากเซนเซอร์ชนิดต่างๆ เพื่อให้รูปการวางตัวกันของมอดูลแต่ละตัว มุมมองที่แตกต่างกันของวัตถุที่สนใจทำให้ต้องใช้การแปลงตำแหน่งของรูปภาพเข้ามาช่วยให้กับจับคู่จุด เหมือนกันของรูปภาพทำได้ง่ายขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.8 คือการแปลงตำแหน่งของจุดภาพและนำไปเทียบกับภาพต้นแบบ ทำให้การคำนวณมีการแม่นยำขึ้นนั่นเอง

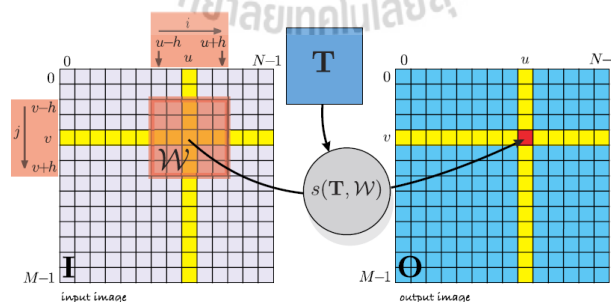


รูปที่ 2.8 Image Matching

2.3 Image Matching

การจับคู่จุดภาพเป็นการเปรียบเทียบกันของจุดภาพที่เหมือนกัน ในหัวข้อนี้จะใช้วิธีการจับคู่จุดภาพแบบ Normalized cross-correlation (NCC) ในการจับคู่รูปภาพ โดยใช้หลักการของการจับคู่แม่แบบ (Template Matching) ดังรูปที่ 2.9 ภาพที่ใช้จับคู่นั้นประกอบไปด้วย ภาพต้นแบบ และภาพที่ต้องการจับคู่ เมื่อนำรูปภาพมากระทำการ NCC ตามสมการที่ 2.3 ค่า I_1 คือค่าความเข้มแสงของภาพต้นแบบ I_2 คือค่าความเข้มแสงของภาพที่ต้องการจะเปรียบเทียบ u และ v คือตำแหน่งพิกเซล (Pixel) ของรูปภาพ เมื่อทำการจับคู่ตำแหน่งรูปภาพออกมาแล้วจุดที่คล้ายกันมากที่สุดจะทำให้ค่า NCC มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุดแล้วนำตำแหน่งที่ได้ไปคำนวณเลขาคณิตต่อไป

$$NCC = \frac{\sum_{(u,v) \in I} (I_1[u,v] - \bar{I}_1) \cdot (I_2[u,v] - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sum_{(u,v) \in I} (I_1[u,v] - \bar{I}_1)^2 \cdot \sum_{(u,v) \in I} (I_2[u,v] - \bar{I}_2)^2}} \quad (2.3)$$

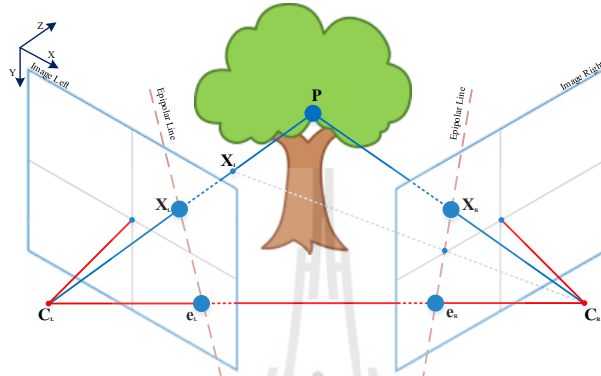


รูปที่ 2.9 Template Matching

2.4 การวัดระยะห่างของวัตถุด้วยกล้องสเตอริโอที่วางตัวทำมุมกัน

การวัดระยะห่างของวัตถุด้วยกล้องแบบสเตอริโอ โดยใช้หลักการของกล้องสเตอริโอที่วางตัวทำมุมกันมาใช้ในการหาความลึกของระยะวัตถุที่เราสนใจ การใช้กล้องวางตัวทำมุมกันนั้นจะเป็นการลดข้อจำกัดในเรื่องของการวัดระยะวัตถุที่อยู่ใกล้กับตัวมอดูล ซึ่งการวางตัวแบบขนานนั้นจะไม่สามารถวัดระยะที่อยู่

ใกล้มากๆ ได้และไม่ครอบคลุมพื้นที่ที่ติดตั้ง แต่การวัดด้วยกล้องแบบทำมุมกันนั้นสามารถชดเชยในส่วนนี้ได้เป็นอย่างดี หลักการวางตัวของมอดูลกล้องนั้นจะแสดงดังรูปที่ 2.10 จะประกอบไปด้วย จุด P คือจุดที่สนใจในการวัดระยะความลึก จุด P จะไปปรากฏในระนาบภาพซ้ายและขวา โดยที่ X_L X_R คือจุดที่ปรากฏบนระนาบภาพซ้ายและขวาตามลำดับ C_L C_R คือมอดูลกล้องตัวที่ 1 และ 2 หรือจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากล้องซ้ายกล้องขวา จะเห็นว่าเราสามารถนำการวางตัวของมอดูลกล้องนี้ไปทำให้อยู่ในรูปแบบเลขาคณิตได้



รูปที่ 2.10 กล้องสเตอริโอวางตัวทำมุมกัน

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัยและผลการวิจัย

3.1 การหาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการแปลงด้วย Genetic Algorithm (GA)

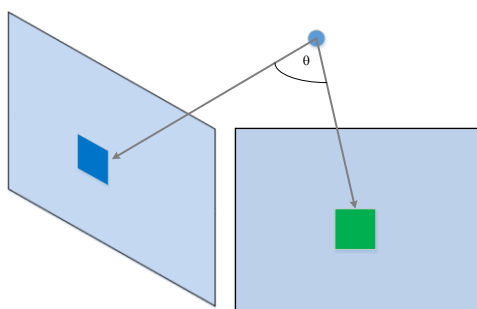
ในหัวข้อนี้จะนำเสนอการใช้ GA ในการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อการแปลงตำแหน่งของรูปภาพ เนื่องจากเราไม่รู้ว่าค่าตัวแปรต่างๆมีผลกับระบบอย่างไร ดังนั้นจึงใช้ GA เข้ามาช่วยในการค้นหาค่าคำตอบที่เหมาะสม และเพื่อให้รู้ว่าตัวแปรแต่ละตัวมีผลต่อระบบอย่างไร ทำให้รู้มุมมองที่เปลี่ยนแปลงไปจะใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมทำอะไรเป็นต้น

3.1.1 Genetic Algorithm

ในส่วนนี้จะใช้ GA เข้ามาหาค่าคำตอบที่เหมาะสมของระบบการแปลง โดยให้ GA วนหาตัวแปรของระบบที่ประกอบไปด้วยเมตริกซ์ Rotation Translation Scale และ Shear โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในที่นี้คือการจับคู่รูปภาพแบบ NCC ทำโดยการป้อนตัวแปรเข้าไปในเมตริกซ์การแปลง จะได้รูปภาพที่ถูกแปลง นำรูปภาพที่ถูกแปลงนั้นไปทำการจับคู่แบบ NCC ถ้าได้ค่าคำตอบเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรชุดนั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ในมุมมองของภาพนั้น และทำการหาตัวแปรที่ดีที่สุดของมุมมองภาพชุดต่อไป

3.1.2 ทดสอบระบบ

ในส่วนของการทดสอบนั้น จะทำการถ่ายภาพจากมุมมองปกติหรือมุมมองแบบตรงๆ จากนั้นทำการหมุนมอดูลไปเป็นมุม θ ไปทางซ้ายหรือทิศตามเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 3.1 แล้วทำการถ่ายภาพมุมมองใหม่ที่มุม θ การทดสอบนี้จะใช้การหมุนจากมุมตรงที่ 0 องศา โดยหมุนเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ ภาพต้นแบบที่ใช้ในการจับคู่รูปภาพนั้น คือภาพที่ 0 องศา การทดสอบนี้จะใช้การหมุนรูปภาพในแนวระนาบ โดยจะใช้การหมุนรอบแกน Y ซึ่งก็เพียงพอและทำให้ความซับซ้อนในการหาค่าตอบน้อยลงด้วย

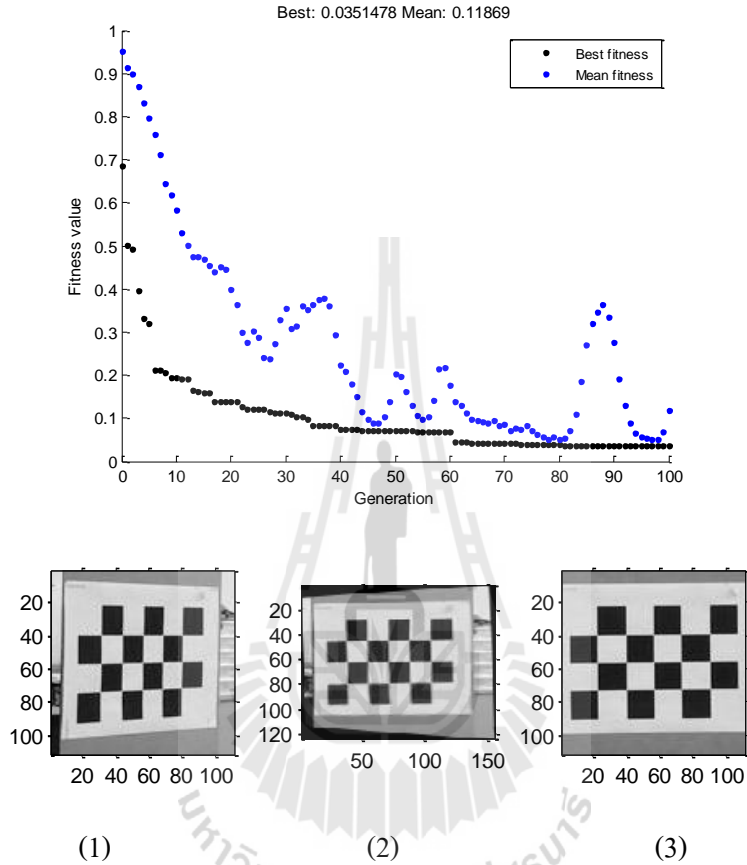


รูปที่ 3.1 Rotation Image

ตัวแปรที่ต้องการหาค่าตอบมีทั้งหมด 5 ตัวแปรประกอบไปด้วย β $Sh\alpha$ $Sh\beta$ s_x และ s_y ต่อไปจะเป็นการทดสอบหาค่าตอบของตัวแปรทั้ง 5 โดยจะแสดงผลของกราฟค่า Fitness Value จำนวน Generation ที่วนรอบหาค่าตอบ ค่าตัวแปรที่ดีที่สุด รูปภาพมุมมองที่เปลี่ยนแปลงไป(1) รูปภาพที่ถูกแปลงด้วยตัวแปรที่

เหมาะสม (2) รูปภาพต้นแบบหรือรูปภาพที่ถ่ายจากมุมตรง (3) ที่สุดที่ GA ค้นหาได้ ค่าเมตริกซ์ H ที่เกิดจากการคูณกันของเมตริกซ์การแปลงและ NCC คือค่าที่ได้จากการจับคู่รูปภาพค่าที่เข้าใกล้ 1 คือค่าที่ดีที่สุด ตัวอย่าง

รูปภาพที่ทำการหมุนไป 194.5 องศา เทียบกับ 244.6 ผลต่างของมุมเท่ากับ 50.1 องศา



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการหมุนรูป

$$\beta = -0.8764168806145336$$

$$Sh\alpha = 0.030734629327445306$$

$$Sh\beta = -0.08178294664024932$$

$$s_x = 1.1261197536521041$$

$$s_y = 0.9237229494405353$$

$$H = \begin{bmatrix} 1.1261 & -0.0755 & -0.0015 \\ 0.0346 & 0.9214 & 0 \\ 0.0017 & -0.0001 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$Ncc = 0.9649$$

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างค่าการแปลงรูปภาพชุดที่ 1

194.5°	203.1°	213.6°	221.4°	227.8°	236.6°
β	-0.1402	-0.2973	-0.3565	-0.5333	-0.4920
$Sh\alpha$	0.0036	0.0127	0.0232	0.0223	0.0195
$Sh\beta$	-0.0112	-0.0285	-0.0351	-0.0474	-0.0381
s_x	0.9880	0.9800	1.0142	1.0187	1.1124
s_y	0.9879	0.9733	0.9746	0.9549	0.9613

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างค่าการแปลงรูปภาพชุดที่ 2

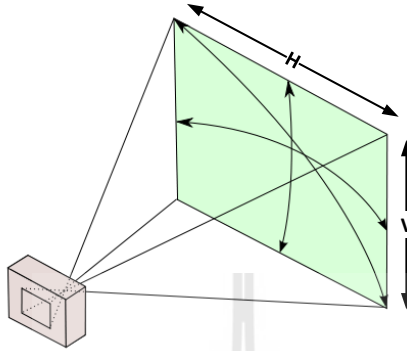
194.5°	244.6°	251.1°	257.2°	262.8°	268.6°
β	-0.8764	-0.9212	-0.7134	-0.9681	-1.5522
$Sh\alpha$	0.0307	0.0256	0.0238	0.0199	0.0182
$Sh\beta$	-0.0818	-0.0765	-0.0447	-0.0773	-0.1176
s_x	1.1261	1.2246	1.4339	1.5400	1.6246
s_y	0.9237	0.9210	0.9401	0.9187	0.8631

จากตารางข้างต้น จะเห็นว่าค่าตัวแปรแต่ละตัวที่ GA หาได้นั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามองศาของมุมมองที่เปลี่ยนไป ดังเช่นค่า β จะมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อผลต่างของมุมมาค่ามากขึ้น จะเห็นว่าค่า s_x นั้นจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วยเนื่องจาก เมื่อหมุนรูปภาพไปแล้วมุมมองของวัตถุที่เห็นจะแคบลงเรื่อยๆ ทำให้ต้องขยายรูปภาพในแนวแกน X เพื่อให้รูปภาพที่ถูกแปลงมีความคล้ายกับต้นแบบที่สุด

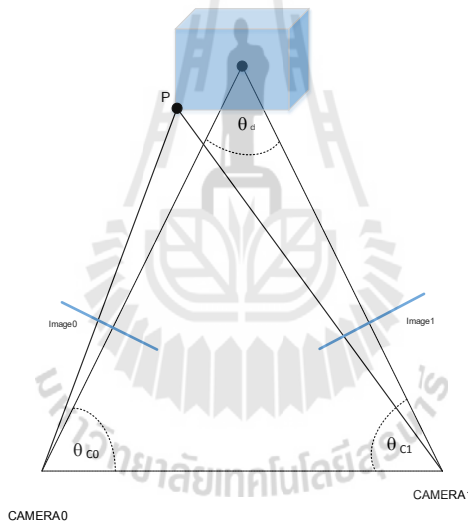
3.2. การคำนวณระยะห่างของวัตถุโดยใช้มุมมองของรูปภาพ (View Angle) ช่วยในการคำนวณ

ในส่วนนี้จะเป็นหาระยะห่างจุดข้างเคียงจุดที่สนใจจากหัวข้อที่แล้ว หัวข้อนี้จะใช้มุมมองภาพเข้ามาเกี่ยวข้องเนื่องจากมอดูลกล้องจะมีค่ามุมที่สามารถมองเห็นได้ ค่ามุมมากก็จะให้พื้นที่การมองเห็นมาก ค่ามุม

น้อยก็จะทำให้พื้นที่การมองเห็นน้อยดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยที่มอดูลกล้องยังตั้งอยู่ที่เดิมทิศทางเดิม ตำแหน่งเดิม แต่สิ่งที่เปลี่ยนแปลงคือจุดที่สนใจ จะเปลี่ยนตำแหน่งจุดกึ่งกลางของรูปภาพและวัตถุไปเป็น ตำแหน่งอื่นๆที่อยู่ในรูปภาพแทน ดังรูปที่ 3.4 ค่า H คือค่ามุมมองในแนวนอน V คือค่ามุมมองในแนวตั้ง

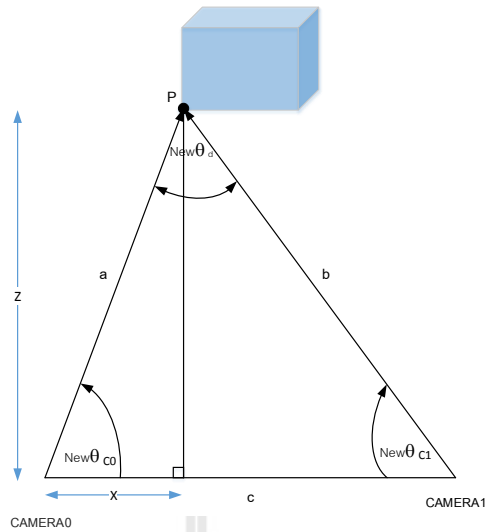


รูปที่ 3.3 มุมมองภาพและพื้นที่การมองเห็น



รูปที่ 3.4 จุดสนใจเปลี่ยนไป ทิศทางและตำแหน่งมอดูลยังเหมือนเดิม

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่ามอดูลกล้องวางตัวกันและทำมุมเท่าเดิม มุม θ_{c0} θ_{c1} θ_d แต่สิ่งที่เปลี่ยนไปคือจุด P ที่เราสนใจนั้นเปลี่ยนไป ทำให้เกิดการวางตัวแบบเรขาคณิตเป็นสามเหลี่ยมใหม่ขึ้นมา ขนาดสามเหลี่ยมเปลี่ยนไป มุมทั้งสามในสามเหลี่ยมเปลี่ยนไป ทำให้ต้องทำการคำนวณทางเรขาคณิตใหม่ แต่ระยะห่างระหว่างมอดูลทั้งสองนั้นยังเท่าเดิม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการคำนวณ สามารถคำนวณจุดสนใจใหม่ ดังหลักการทางเรขาคณิตในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การคำนวณจุดสนใจใหม่เชิงเรขาคณิต

3.2.1 ทดสอบและเก็บผล

การทดสอบทำโดยการติดตั้งมอดูลกล้องในพื้นที่ 5x5 เมตร ใช้มอดูลกล้อง 2 ตัว มอดูลกล้องตั้งห่างกันที่ 5 เมตร การทดสอบจะคำนวณความลึกในระยะ Z และค่าระยะห่าง X เป็นหลัก ติดตั้งมอดูลกล้องมองไปที่วัตถุที่สนใจที่ระยะ $X = 2.5$ เมตร $Z = 5$ เมตร จะได้ทิศทางของมอดูลและค่าที่ได้มากจะนำไปคำนวณค่าที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงจุดศูนย์กลางของรูปภาพ จากนั้นเลื่อนตำแหน่งของวัตถุไปตามแกน X และแกน Z แล้วคำนวณตำแหน่งทิศที่เปลี่ยนไปจากการเลื่อนตำแหน่งของวัตถุในรูปภาพ สิ่งที่มีผลในการทดสอบระบบและอุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

มอดูลกล้องที่ใช้ Galaxy Tab2 7.0 ติดตั้งกล้องความละเอียด 3.1 ล้านพิกเซล (Megapixel)

ขนาดของรูปภาพจริง 2048 X 1563 Pixel

มุมมองของกล้องในแนวนอน Horizontal View = 54.8 องศา

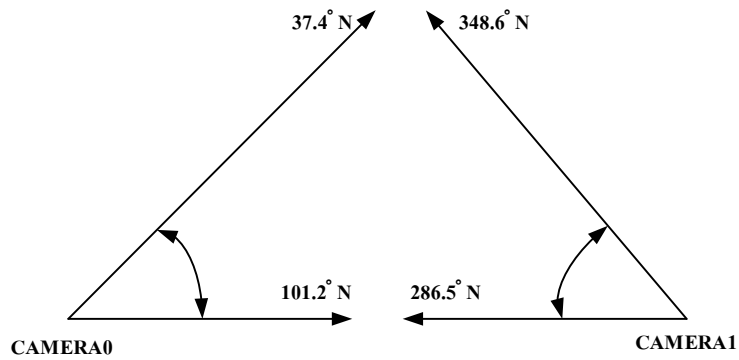
มอดูลกล้องตัวที่ 1 ซึ่งไปที่กล้องตัวที่ 2 เป็นมุม 101.2 องศาเหนือ

มอดูลกล้องตัวที่ 1 ซึ่งไปตำแหน่ง $X = 2.5$, $Z = 5$ เป็นมุม 37.4 องศาเหนือ

มอดูลกล้องตัวที่ 2 ซึ่งไปที่กล้องตัวที่ 1 เป็นมุม 286.5 องศาเหนือ

มอดูลกล้องตัวที่ 2 ซึ่งไปตำแหน่ง $X = 2.5$, $Z = 5$ เป็นมุม 348.6 องศาเหนือ

ใช้ขนาดภาพที่ 640 X 480 Pixel จากขนาดภาพจริง 2048 X 1536 Pixel



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างมุมกล้อง

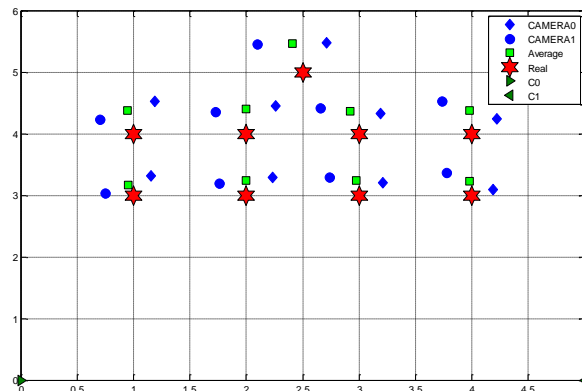
จากรูปที่ 3.6 จะเห็นว่าค่ามุมและทิศทางของสามเหลี่ยมที่ได้นั้นผลรวมของทั้งสามมุมไม่เท่ากับ 180 องศา ดังนั้นจะใช้มอดูลกล้องตัวใดตัวหนึ่งเป็นหลักในการคำนวณ จะได้ค่าที่ได้จากการคำนวณมาสองค่าคือ ค่าของมอดูลกล้องตัวที่ 1 เป็นหลัก และค่าของมอดูลกล้องตัวที่สองเป็นหลัก แล้วเอาค่าทั้งสองมาทำการเฉลี่ยกันเพื่อให้ค่าความผิดพลาดลดน้อยลง

CAMERA0 คือค่าที่ได้จากมอดูลกล้องตัวที่ 1

CAMERA1 คือค่าที่ได้จากมอดูลกล้องตัวที่ 2

Average คือค่าเฉลี่ยของกล้องตัวที่ 1 และ 2

Real คือค่าตำแหน่งจริงของวัตถุ



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างผลการจับคู่รูปภาพ

C0 C1 คือตำแหน่งของกล้องตัวที่ 1 และตัวที่ 2

CAMERA0 ความผิดพลาดเฉลี่ย $X = 10.1851 \%$

$Z = 8.6248 \%$

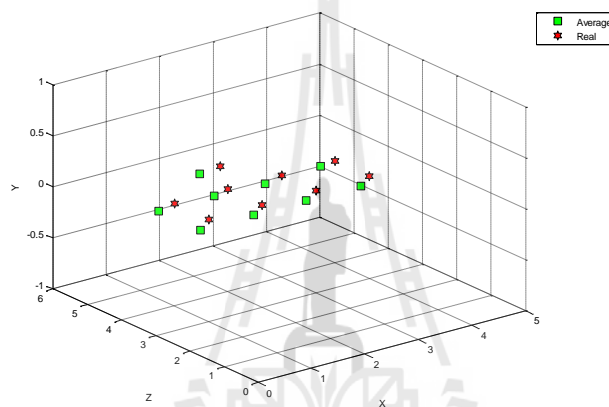
CAMERA1 ความผิดพลาดเฉลี่ย $X = 14.2380 \%$

$Z = 8.4458 \%$

Average ความผิดพลาดเฉลี่ย $X = 2.0265 \%$

$Z = 8.5353 \%$

เปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยตำแหน่งของ CAMERA0 กับ CAMERA1 กับตำแหน่งจริง ในแกน X Y Z



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างผลลัพธ์ของตำแหน่งที่ได้เทียบกับตำแหน่งในโลกจริง

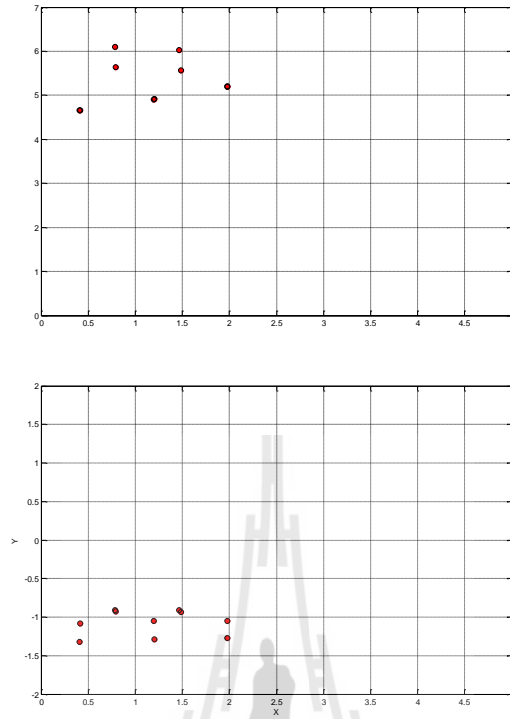
3.2.2 ทดสอบหาตำแหน่งของวัตถุที่สนใจ

ทำโดยเลือกวัตถุที่อยู่ในพื้นที่ทดสอบ เลือกจุดหรือตำแหน่งที่ต้องการในรูปภาพแล้วทำการคำนวณหาระยะความลึก จุดที่เลือกในรูปภาพจะต้องเป็นจุดเดียวกัน เช่น เลือกจุดมุมกล้องในรูปภาพซ้าย ที่รูปภาพขวาจะต้องเลือกจุดที่มุมกล้องเช่นกัน



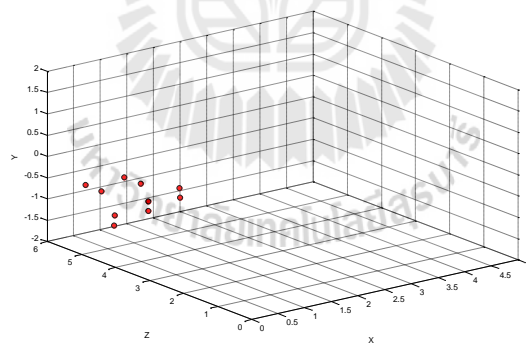
รูปที่ 3.9 การระบุตำแหน่งที่สนใจ

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัด X Z และ X Y



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งที่สนใจในระนาบ X Z และ X Y

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัดสามมิติ X Y Z

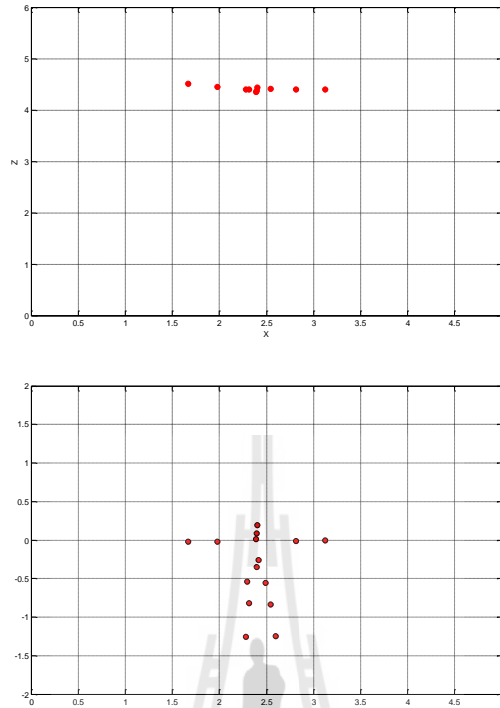


รูปที่ 3.11 ตำแหน่งที่สนใจในระนาบ X Y Z



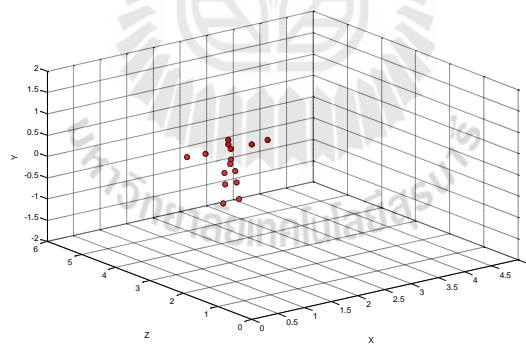
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างผลการจับคู่

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัด X Z และ X Y



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างผลการจับคู่รูปในระนาบ X Z และ X Y

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัดสามมิติ X Y Z

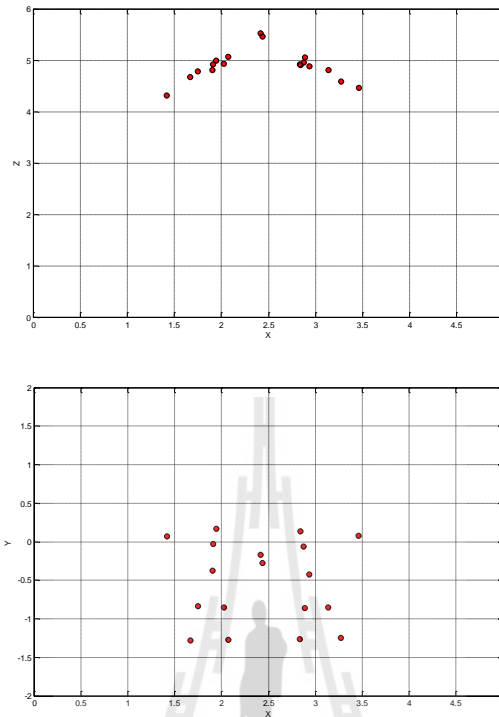


รูปที่ 3.14 ตัวอย่างผลการจับคู่รูปในระนาบ X Y Z



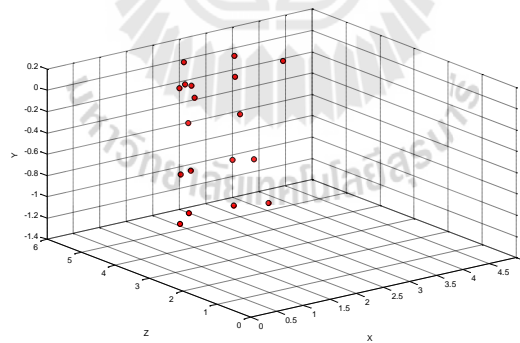
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างผลการจับคู่ (ชุดที่ 2)

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัด X Z และ X Y



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างผลการจับคู่ในระนาบ X Z และ X Y

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัดสามมิติ X Y Z

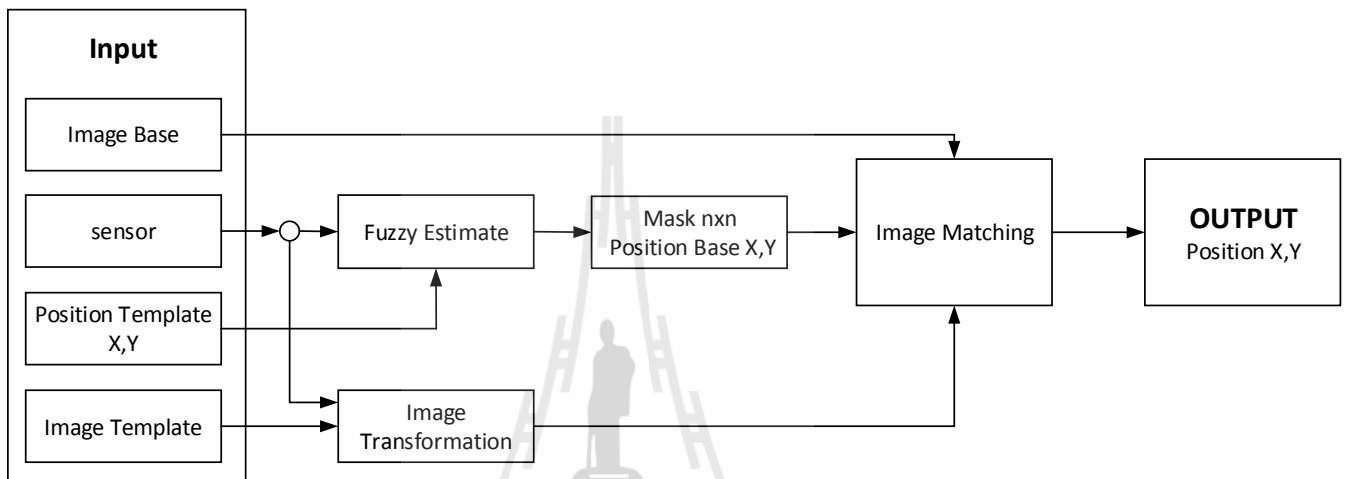


รูปที่ 3.17 ตัวอย่างผลการจับคู่ในระนาบ X Y Z

3.3. การจับคู่รูปภาพด้วยเทคนิควิธีทางปัญญาประดิษฐ์

การใช้วิธีทางปัญญาประดิษฐ์มาช่วยทำให้ระบบมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นในส่วนนี้จะเป็นการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการช่วยระบุตำแหน่งในการจับคู่ของจุดภาพให้มีความแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากการเปรียบเทียบจุดภาพจากมอดูลนั้นระบบจะทำการวิ่งหาจุดที่ภาพมีความเหมือนกันที่สุดตั้งแต่ตำแหน่งแรกของภาพ เปรียบเทียบไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงตำแหน่งสุดท้ายของภาพ ทำให้เสียเวลาในการประมวลผลอย่างมาก และในขณะที่ทำการเปรียบเทียบที่ตำแหน่งไปเรื่อยๆนั้น อาจจะทำให้ตำแหน่งที่อยู่บนภาพบาง

ตำแหน่งมีความคล้ายกันมาก จนทำให้ระบบที่ใช้การเปรียบเทียบมองว่าตำแหน่งนั้นบนจุดภาพเป็นตำแหน่งที่มีความคล้ายกันมากที่สุดหรือเป็นจุดเดียวกัน จากปัญหานี้จึงได้นำเสนอวิธีการที่ช่วยให้ระบบมีความรวดเร็วและแม่นยำขึ้น โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ที่เป็นระบบ Fuzzy เข้ามาช่วยในการคาดการณ์ตำแหน่งที่ใกล้เคียงตำแหน่งจริงที่สุด เมื่อคาดการณ์ตำแหน่งที่ใกล้เคียงที่สุดได้แล้ว ก็จะส่งให้ระบบจับคู่วิ่งเข้าไปจับคู่ในขอบเขตที่ระบบ Fuzzy กำหนดไว้ หลักการทำงานของระบบนี้สามารถอธิบายได้ดังแผนภาพในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แผนผังระบบจับคู่จุดภาพโดยใช้ Fuzzy ในการประมาณค่าตำแหน่ง

อินพุตของระบบประกอบไปด้วย Image Base คือรูปภาพที่ต้องการให้ระบบวิ่งเข้าไปจับคู่หรือภาพตั้งต้น Sensor คือค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์ของมอดูลแต่ละตัวโดยประกอบไปด้วย มุมก้มเงย มุมเอียง และทิศทางของมอดูล Image Template(ภาพแม่แบบ) คือรูปภาพที่ต้องการนำเอาไปเปรียบเทียบหรือจับคู่กับภาพตั้งต้น โดยภาพนี้จะมีขนาดเล็กกว่าภาพตั้งต้น Position Template X,Y คือตำแหน่งของภาพแม่

การทำงานของระบบเริ่มต้นจากการอ่านค่าจากเซนเซอร์ของมอดูลแต่ละตัว จากนั้นผู้ทดสอบจะเป็นคนเลือก Image Template เมื่อเลือกจุดที่ต้องการให้เป็น Image Template ได้แล้วตำแหน่งที่เลือกนั้นก็คือ Position Template X,Y ระบบจะส่งข้อมูล เซนเซอร์ และ ตำแหน่งของภาพแม่แบบ ไปให้ Fuzzy ทำการประมวลผล ในส่วนของ Image Transformation นั้น จะใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ และ ภาพแม่แบบในการประมวลผล เพื่อชดเชยมุมมองของรูปภาพให้มีค่าใกล้เคียงกับภาพตั้งต้น(Image Base)มากที่สุด เอาท์พุทของ Fuzzy ค่าที่ได้ออกมาจะอยู่ในรูปของตำแหน่ง X Y ที่คาดการณ์ว่าจะจะเป็นจุดที่มีความคล้ายกันมากที่สุด บนภาพตั้งต้น และจะทำการสร้างกรอบในการค้นหา ขนาดกรอบที่ได้ออกมาสามารถกำหนดได้เอง เมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดออกมาจาก Fuzzy และ Image transformation ครบแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการจับคู่จุดภาพที่มีความคล้ายกัน โดยจะทำการจับคู่ภาพในกรอบที่ Fuzzy กำหนดไว้เท่านั้น ทำให้ประหยัดเวลาใน

การค้นหาและลดความผิดพลาดลงได้ เมื่อจับคู่เสร็จแล้วก็จะได้อาชีพพุทออกมาเป็นตำแหน่งที่มีความคล้ายกันมากที่สุดบนรูปภาพตั้งต้น เอาตำแหน่งที่ได้นี้ไปทำการหาความถี่ในพิกัดสามมิติต่อไป

3.3.1 ทดสอบระบบ

การทดสอบทำโดยการติดตั้งมอดูลกล้องในพื้นที่จริง ใช้มอดูลกล้อง 2 ตัวหรือ 3 ตัว เป็นการทดสอบระบบการประมาณค่าตำแหน่งของรูปภาพที่เกิดจากระบบ Fuzzy โดยใช้ข้อมูลตำแหน่งจุดภาพที่เลือกจากมอดูล CAMERA L มุมที่มอดูลกระทำกันกับจุด P สิ่งที่มีผลในการทดสอบระบบและอุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

มอดูลกล้องที่ใช้ Galaxy Tab2 7.0 ติดตั้งกล้องความละเอียด 3.1 ล้านพิกเซล (Megapixel) วางตัวเป็นแนวเดียวกัน

ขนาดของรูปภาพจริง 2048 X 1563 Pixel

มุมมองของกล้องในแนวนอน Horizontal View = 54.8 องศา

ระยะห่างของมอดูลตัวที่ 1(CAMERA C) กับมอดูลตัวที่ 2 (CAMERA L) มีค่า 2.5 เมตร

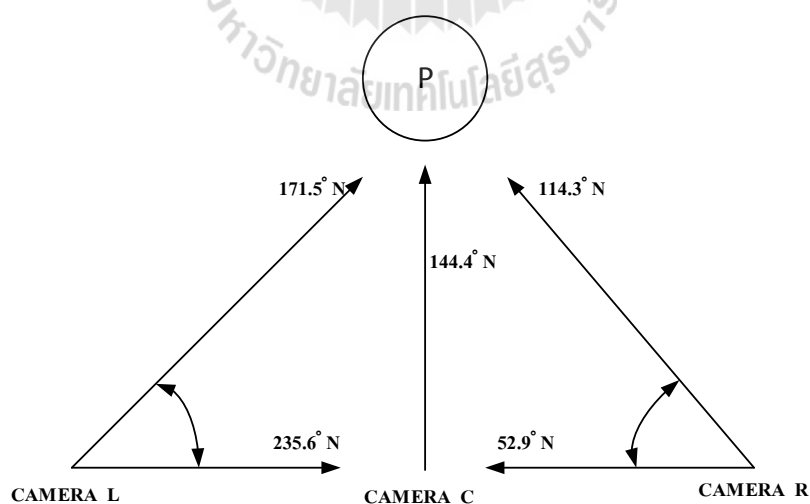
ระยะห่างของมอดูลตัวที่ 1(CAMERA C) กับมอดูลตัวที่ 3 (CAMERA R) มีค่า 2.45 เมตร

ระยะห่างของมอดูลตัวที่ 1(CAMERA C) กับจุด P มีค่า 4.9 เมตร

ระยะห่างของมอดูลตัวที่ 2(CAMERA L) กับจุด P มีค่า 5.6 เมตร

ระยะห่างของมอดูลตัวที่ 3(CAMERA R) กับจุด P มีค่า 5.6 เมตร

ใช้ขนาดภาพที่ 640 X 480 Pixel จากขนาดภาพจริง 2048 X 1536 Pixel



รูปที่ 3.19 การวางของมอดูลที่ทดสอบ

- ช่วงของมุมที่ต่างกันของ CAMERA C และ CAMERA L จะต้องทำมุมกันไม่เกิน 90 องศา เพราะถ้ามุมที่ต่างกันมากเกินไป จะทำให้มุมมองของภาพแตกต่างกันมากจนไม่สามารถหาจุดที่คล้ายกันได้ จะทำการรับช่วง 0 ถึง 90 องศา ไปเป็น 0 ถึง 1 เพื่อป้อนให้ระบบ Fuzzy
- เลือกตำแหน่งแม่แบบภาพที่เราต้องการนำไปจับคู่ โดยทำการเลือกภาพจากมอดูล CAMERA L โดยตำแหน่ง X ของรูปภาพจะถูกเปลี่ยนจาก 1 ถึง 640 ไปเป็น -1 ถึง 1 และส่งข้อมูลตำแหน่งจุดที่เลือกป้อนให้ระบบ Fuzzy ข้อมูลที่ออกมาจากระบบจะมีค่าเป็น -1 ถึง 1 หรือแปลงไปเป็น 1 ถึง 640 ในตำแหน่งของรูปภาพ

ตัวอย่างทดสอบ 1

เลือกตำแหน่งจุดภาพที่ Image Template ที่ตำแหน่ง $X = 319$ ค่าตำแหน่งที่ป้อนให้กับ Fuzzy คือ -0.00313 มุมของมอดูลที่ต่างกัน เป็นมุม 64.1 องศา ค่ามุมที่ป้อนให้ Fuzzy คือ 0.712 แสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ตำแหน่งที่เลือก $X = 319$



รูปที่ 3.21 กรอบที่ได้จากการประมาณค่า

เมื่อป้อนข้อมูลให้กับระบบแล้ว จะได้ข้อมูลเอาต์พุตออกมาเป็นตำแหน่งที่คาดว่าจะเป็จุดที่มีความคล้ายกันที่สุด โดยจะทำการกำหนดขอบเขตที่ใช้ในการค้นหาดังรูปที่ 3.21 ข้อมูลจากระบบจะได้ให้ค่าตำแหน่งออกมาเป็น 0 ซึ่งสามารถนำไปหาตำแหน่งที่รูปภาพของ CAMERA C ได้เป็นค่า $X = 320$ ขอบเขตที่ใช้ในการค้นหาจะเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 50X50 Pixel จะกรอบจะเห็นว่าจุดที่ต้องการหาจะอยู่ในกรอบที่ทำการประมาณค่าไว้

ตัวอย่างทดสอบ 2

เลือกตำแหน่งจุดภาพที่ Image Template ที่ตำแหน่ง $X = 243$ ค่าตำแหน่งที่ป้อนให้กับ Fuzzy คือ -0.2406 มุมของมอดูลที่ต่างกัน เป็นมุม 64.1 องศา ค่ามุมที่ป้อนให้ Fuzzy คือ 0.712 แสดงดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 ตำแหน่งที่เลือก $X = 243$ 

รูปที่ 3.23 กรอบที่ได้จากการประมาณค่า

ข้อมูลจากระบบจะได้ให้ค่า ตำแหน่งออกมาเป็น -0.396 ซึ่งสามารถนำไปหาดำแหน่งที่รูปภาพของ CAMERA C ได้เป็นค่า $X = 193$ ขอบเขตที่ใช้ในการค้นหาจะเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 50×50 Pixel

ตัวอย่างทดสอบ 3

เลือกตำแหน่งจุดภาพที่ Image Template ที่ตำแหน่ง $X = 407$ ค่าตำแหน่งที่ป้อนให้กับ Fuzzy คือ 0.2718 มุมของมอดูลที่ต่างกัน เป็นมุม 64.1 องศา ค่ามุมที่ป้อนให้ Fuzzy คือ 0.712 แสดงดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 ตำแหน่งที่เลือก $X = 243$ 

รูปที่ 3.25 กรอบที่ได้จากการประมาณค่า

ข้อมูลจากระบบจะได้ให้ค่า ตำแหน่งออกมาเป็น 0.0377 ซึ่งสามารถนำไปหาดำแหน่งที่รูปภาพของ CAMERA C ได้เป็นค่า $X = 332$ ขอบเขตที่ใช้ในการค้นหาจะเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 50×50 Pixel

ตัวอย่างการทดสอบการระบุตำแหน่งในสามมิติด้วยต้นไม้จริง

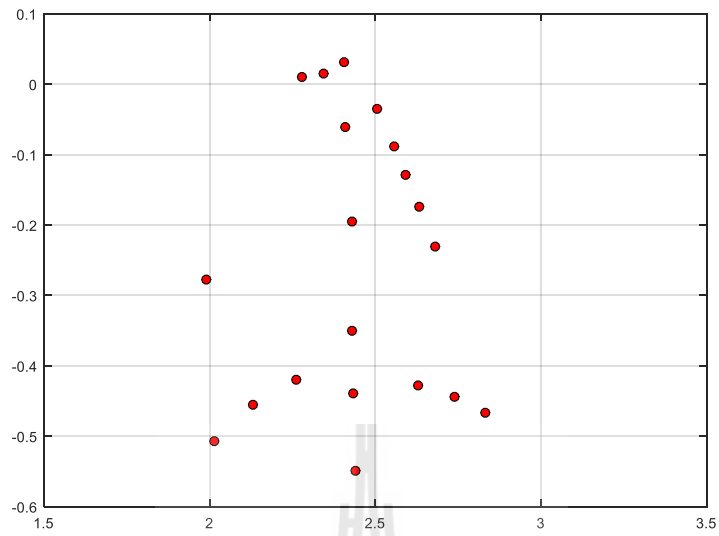
ทดสอบโดยการเลือกจุดภาพทั้งหมด 20 จุดในการทดสอบ



รูปที่ 3.26 จุดภาพที่ใช้ในการทดสอบจริง

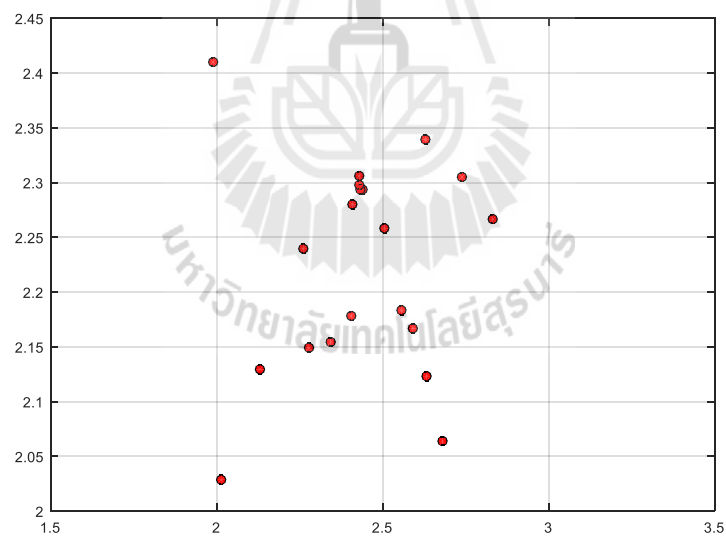
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัด X Y (Front View)



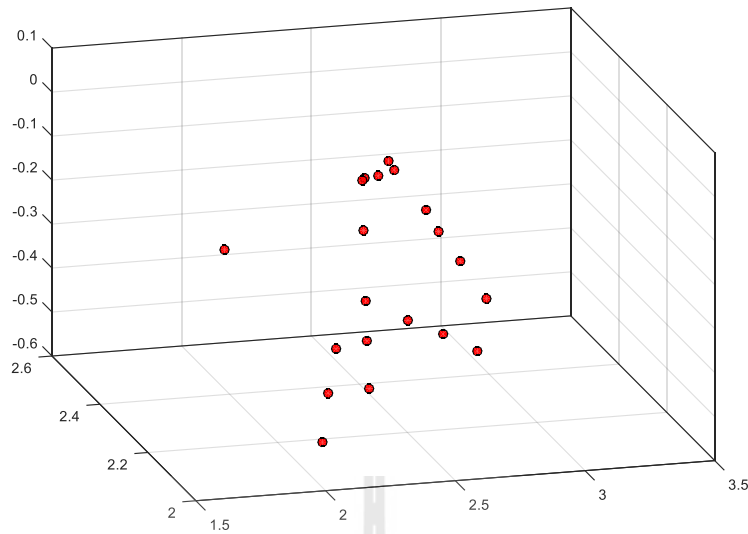
รูปที่ 3.27 จุดภาพในระนาบ X Y

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัด X Z (Top View)



รูปที่ 3.28 จุดภาพในระนาบ X Z

วาดจุดที่ทำการคำนวณแล้วในพิกัด X Y Z (3D View) ถ้าต้องการให้ภาพ 3 มิติสมบูรณ์กว่านี้ต้องเลือกจุดภาพที่ใช้ทดสอบให้มากกว่านี้



รูปที่ 3.29 จุดภาพในระนาบ X Y Z

3.4 สรุป

การดำเนินการวิจัยและการทดสอบระบบเมื่อพิจารณาแล้วสามารถสรุปเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การแปลงตำแหน่งของรูปภาพและใช้จินเนติกอัลกอริทึมมาช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนไปเนื่องจากมุมมองที่เปลี่ยนไปของรูปภาพ ข้อมูลที่ได้นั้นสามารถทำให้รู้ว่าตัวแปรแต่ละตัวของเมตริกซ์การแปลงมีผลอย่างไรกับระบบ ทำให้สามารถทราบได้ว่ามุมมองที่เปลี่ยนไปแต่ละมุมมองนั้น ควรจะใช้ค่าการแปลงที่เหมาะสมเท่าไร และค่าที่มุมที่ได้มานั้นก็มาจากเซนเซอร์ของมอดูลนั่นเอง ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำไปประมวลผลการแปลงด้วยวิธีทางปัญญาประดิษฐ์วิธีอื่นต่อไป

2. การคำนวณระยะห่างของวัตถุโดยใช้มุมมองของรูปภาพช่วยในการคำนวณ หัวนี้ได้นำเสนอการวัดระยะความลึกของวัตถุด้วยกล้องสเตอริโอที่วางตัวทำมุมกัน ซึ่งทำให้สามารถติดตั้งมอดูลได้ครอบคลุมพื้นที่ติดตั้งได้ และได้ทำการศึกษาวิธีการคำนวณความลึกในแบบสามมิติ โดยข้อมูลที่นำมาคำนวณนั้นมาจากมอดูลกล้องและตัวเซนเซอร์ที่ติดตั้งที่มอดูลทำให้สามารถรู้ทิศทางและการวางตัวกันของมอดูลแต่ละตัวแล้วใช้ข้อมูลจากรูปภาพเข้ามาใช้ในการประมวลผลรวม การหาระยะความลึกจะใช้หลักการคำนวณโดยใช้จุดศูนย์กลางของรูปภาพเพื่อรู้ค่าความลึกของจุดที่สนใจ แล้วใช้จุดนี้เป็นจุดอ้างอิง เมื่อได้ความลึกที่เป็นจุดอ้างอิงแล้วต่อไปใช้หลักการคำนวณหาความลึกด้วยวิธีการใช้มุมมองของรูปภาพ ซึ่งจะทำได้หาค่าความลึกแล้วสร้างจุดในรูปแบบสามมิติได้และทำให้สามารถบอกรูปร่างของวัตถุที่สนใจได้อย่างคร่าวๆ

3. การประมาณค่าตำแหน่งจุดที่คล้ายกันของรูปภาพด้วยระบบ Fuzzy ช่วยในการสร้างขอบเขตการค้นหาค่าของจุดที่คล้ายกันของรูปภาพ ทำให้การจับคู่ตำแหน่งของรูปภาพนั้นมีความแม่นยำขึ้นและได้ทำการทดสอบกับต้นไม้จริงผลที่ได้จากการประมาณค่าจุดที่ต้องการจับคู่จะอยู่ในกรอบที่ระบบ Fuzzy สร้างขึ้นมาเสมอทำให้การจับคู่จุดภาพนั้นแม่นยำขึ้นและสามารถนำจุดที่จับคู่กันนั้นไปคำนวณแบบสามมิติได้

บทที่ 4

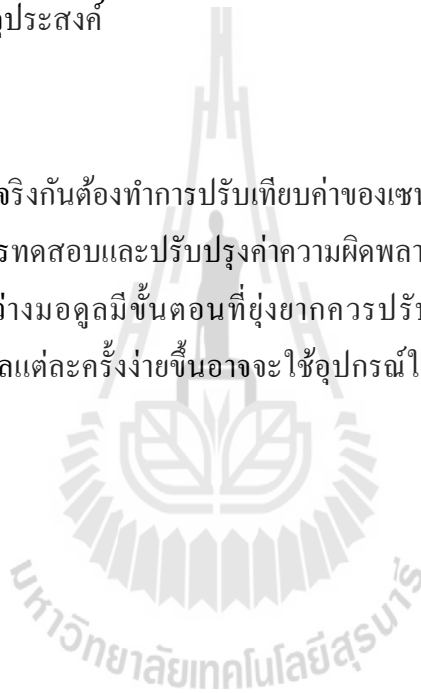
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาและออกแบบพัฒนาระบบมอดูลการมองเห็นแบบชาญฉลาดสำหรับประยุกต์ใช้งานด้านเกษตรกรรม โดยใช้หลักการทางการประมวลผลรูปภาพร่วมกับระบบการตรวจจับทิศทางของมอดูลในการประมวลผล เพื่อใช้ในการหารูปทรงของวัตถุที่สนใจ ในที่นี้คือต้นไม้ การแก้ปัญหาและปรับปรุงให้ระบบมีความแม่นยำโดยใช้วิธีทางปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการประมวลผล การดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดสอบในพื้นที่จริงกันต้องทำการปรับเทียบค่าของเซนเซอร์ต่างๆเพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยใช้พื้นที่โล่งกว้างในการทดสอบและปรับปรุงค่าความผิดพลาดของระบบ
2. การหาระยะทางระหว่างมอดูลมีขั้นตอนที่ยุ่งยากควรปรับปรุงขั้นตอนในการหาระยะห่างระหว่างมอดูลเพื่อให้การเก็บข้อมูลแต่ละครั้งง่ายขึ้นอาจจะใช้อุปกรณ์ในการวัดระยะห่างโดยตรงเพื่อให้มีค่าที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Weehuizen, R.H. Pugmire and R.M. Hodgson, "The development of a digital image scanner and image processing system for the measurement of growing plantation trees," 6th International Conference on Image Processing and Its Applications, Vol. 2, July 14-17, 1997, pp.731-735.
- [2] T. Kataoka, T. Kaneko, H. Okamoto and S. Hata, "Crop Growth Estimation System Using Machine Vision," *Proceedings of International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, Vol. 2, July 20-24, 2003, pp. b1079 - b1083.
- [3] A. Meankaewjinda, P. Kumsawat, K. Attakitmongcol, A. Srikaew and H. Boonjung, "Hybrid artificial intelligence approach for grape leaf disease diagnosis system from color imagery," *The 9th International Conference on Precision Agriculture (ICPA)*, Colorado, USA, July 20-23, 2008.
- [4] Z. Wei-Xing, X. Li-Bin, and X. Feng, "Research on Key technique of weed locating based on binocular vision system," *International Symposium on Computer Science and Computational Technology (ISCST '08)*, December 20-22, 2008, pp. 754-757.
- [5] J. Zhang and X.Y. Huang, "Measuring Method of Tree Height Based on Digital Image Processing Technology," 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE), December 26-28, 2009, pp.1327 – 1331.
- [6] D. Han and C. Wang, "Tree Height Measurement based on image processing Embedded in Smart Mobile phone," *International Conference on Multimedia Technology (ICMT)*, July 26-28, 2011, pp.3293 – 3296.
- [7] W. Chuanyu, G. Xinyu and Z. Chunjiang, "Detection of Corn Plant Population And Row Spacing Using Computer Vision," *2nd International Conference on Digital Manufacturing and Automation (ICDMA)*, August 5-7, 2011, pp. 405-408.

ภาคผนวก ก

ประวัติผู้วิจัย



ประวัติผู้วิจัย

ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2515 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อพ.ศ.2537 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทและเอกในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจาก Vanderbilt University ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อพ.ศ.2540 และ 2543 ตามลำดับ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีความสนใจในงานวิจัยด้านการมองเห็นของคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์ การประมวลผลสัญญาณและสัญญาณภาพ และระบบทางปัญญาประดิษฐ์

นายกมล ไชยศรี เกิดวันที่ 7 มีนาคม 2531 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล จังหวัดสกลนคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ.2554 กำลังศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีความสนใจในด้านหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ การมองเห็นของคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์ การประมวลผลภาพ การประยุกต์ทางปัญญาประดิษฐ์ ระหว่างศึกษาได้เข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ ส.ส.ท. ชิงแชมป์ประเทศไทย TPA Robot Contest 2009 ถึง 2011 ได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2 ในปี 2010 เข้าร่วมแข่งขันรายการ ABU Robot Contest 2009 ถึง 2011 และเข้าแข่งขันรายการ NECTEC YECC 2011 ได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2 ขณะศึกษาในระดับปริญญาโทได้เป็นวิทยากรอบรมค่าย NECTEC eCAMP 2012 2013 และ 2014 และได้เป็นผู้ช่วยสอนในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าและรายวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์วิศวกรรม