ชื่อโครงการ การวัดปริมาตรผักและผลไม้จากพิกัดเชิงเรขาคณิตด้วยโครงสร้างแสงสามมิติ
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 72,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 กันยายน 2555
หัวหน้าโครงการวิจัย ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ร่วมโครงการวิจัย รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการวัดปริมาตรผักและผลไม้ที่มีรูปทรงต่างๆ และมีลักษณะสมมาตรได้แก่ แครอท มะม่วง ฝรั่ง และส้ม (อัตราส่วนความยาวแกนสั้นและแกนยาวเฉลี่ยตั้งแต่ 0.210 ถึง 0.916) โดยใช้ระบบวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Vision System) ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพสองมิติ เทคนิคการวิเคราะห์ภาพสามมิติ และเทคนิคการวัดขนาดวัตถุสามมิติโดยการใช้แสงเลเซอร์แบ่งส่วน และเปรียบเทียบกับปริมาตรจริงซึ่งหาได้จากวิธีการแทนที่ด้วยน้ำ จากการวัดปริมาตรด้วยเทคนิคต่าง ๆ พบว่าเทคนิคการวิเคราะห์ภาพสองมิติมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 4.893 7.201 8.069 และ 5.302% สำหรับแครอท มะม่วง ฝรั่งและส้มโดย ตามลำดับ เทคนิคการวิเคราะห์ภาพสามมิติโดยคำนวณปริมาตรจากเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูล มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 12.265 และ 4.323% สำหรับฝรั่งและส้มและเทคนิคการวัดขนาดวัตถุสามมิติโดยการใช้แสงเลเซอร์แบ่งส่วนให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.709 0.799 0.570 และ 0.521% สำหรับแครอท มะม่วง ฝรั่ง และส้ม ตามลำดับ

คำสำคัญ : การวัดปริมาตร ระบบวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ ผักและผลไม้

Research Title: Measuring the Volume of Selected Fruit and Vegetables from the Geometric Coordinates by 3-D Structured Light

Researcher: 1) Navaphattra Nunak

Faculty of Engineering Department of Food Engineering

2) Taweepol Suesut

Faculty of Engineering Department of Instrumentation and Control Engineering

ABSTRACT

This research proposes volume measurement of selected fruit and vegetables such as carrot, mango, guava and orange (ratio of minor and major axes: 0.21 to 0.92) by computer vision system with two dimensional object (2D), three dimensional object (3D) and 3D-laser light sectioning (3D-LLS) techniques. The obtained volumes have been compared with measurements obtained from the water displacement method. Results showed that the 2D technique measured carrots, mangoes, guavas and oranges at error of 4.893, 7.201, 8.069 and 5.302%, respectively, the 3D technique with volumes calculated from equivalent diameter measured guavas and oranges at error of 12.265 and 4.323%, respectively, and 3D-LLS measured carrots, mangoes, guavas and oranges at the least error of 0.709, 0.799, 0.570 and 0.521%, respectively.

Keywords: Volume Measurement, Computer Vision System, Fruit and Vegetables

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางสาวกนกอร ชูปลอด และ นางสาวชยานันท์ จรูญธนกิจการ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร และนายนพรัตน์ สุขเกษม นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม สำหรับการให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัย และ “การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555 สำหรับการจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัย”

นวภัทรา หนูนาค
ทวีพล ซื่อสัตย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 การวัดปริมาตรด้วยวิธีการแทนที่ด้วยของเหลว 4
2.2 การวัดปริมาตรด้วยวิธีการวัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเชิงเรขาคณิต 5
2.3 การวัดปริมาตรด้วยวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้า 7
2.4 การวัดปริมาตรด้วยระบบคอมพิวเตอร์วิชั่น 8
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
บทที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวัดปริมาตร 17
3.1 การวัดปริมาตรด้วยเทคนิค 2D 17
3.2 การวัดปริมาตรด้วยเทคนิค 3D 29
3.3 การวัดปริมาตรด้วยเทคนิค 3D-LLS 31
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 37
4.1 การทดลอง 37
4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 46

บรรณานุกรม 47

ประวัตินักวิจัย 49

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ความผิดพลาดเฉลี่ยจากการวัดปริมาตรผักและผลไม้ต่าง ๆ ที่ได้จากอุปกรณ์สอบเทียบทั้ง 4 ตัว 39
4.2 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดของผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ จากการวัดปริมาตรด้วยเทคนิค 2D 40
4.3 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดของผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ จากการวัดปริมาตรด้วยเทคนิค 3D 41
4.4 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ จากการวัดปริมาตรด้วยเทคนิค 3D-LLS 42
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรจริงกับปริมาตรจากระบบคอมพิวเตอร์วิชั่นทั้ง 3 เทคนิค
และค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจของผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ 44
4.6 ค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดของผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ จากการวัดปริมาตรด้วยเทคนิคต่าง ๆ 45

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 การหาปริมาตรโดยการแทนที่ของเหลว 4
2.2 การหาปริมาตรโดยการชั่งน้ำหนักในของเหลว 5
2.3 ตำแหน่ง a b c ของวิธีการหาปริมาตรแบบ GMD 5
2.4 เส้นผ่านศูนย์กลางสมมูล 6
2.5 การวัดปริมาตรด้วยวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้า 7
2.6 การถ่ายภาพในเทคนิคการวิเคราะห์ภาพสองมิติ 9
2.7 (ก) การโปรเจคชั่นแบบขนาน (ข) การโปรเจคชั่นแบบเพอสเปกทีฟ 9
2.8 แบบจำลองของระบบสร้างภาพของกล้อง 10
2.9 ภาพถ่ายสามมิติ 11
2.10 การประมาณค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ 2 ยูโรจากเหรียญ 2 เซนต์ 12
2.11 อุปกรณ์สำหรับเทคนิคการวัดขนาดวัตถุสามมิติโดยการใช้แสงเลเซอร์แบ่งส่วน 13
2.12 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีโฮโมกราฟฟีในการตรวจวัดขนาดวัตถุ 14
2.13 ตารางหมากรุกขนาด 30 x 30 mm ที่ใช้ในการสอบเทียบ 14
3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพของเทคนิค 2D 18
3.2 ส่วนประกอบของกล่องถ่ายภาพด้วยเทคนิคไฟหลัง 19
3.3 กล่องถ่ายภาพด้วยเทคนิคไฟหลังที่ใช้ในการทดลอง 19
3.4 หลักการวางวัตถุ 20
3.5 อุปกรณ์สอบเทียบของเทคนิค 2D 20
3.6 ภาพถ่ายอุปกรณ์สอบเทียบจากเทคนิคไฟหลัง 21
3.7 ภาพตัวอย่างผักและผลไม้สองมิติสองมุมมองจากเทคนิคไฟหลัง 22
3.8 ขั้นตอนการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์อุปกรณ์สอบเทียบ 23
3.9 การประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ภาพอุปกรณ์สอบเทียบ 24
3.10 ขั้นตอนการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ภาพในมุมมองที่ 1 ของวัตถุ 25
3.11 ภาพของวัตถุในมุมมองที่ 1 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 26
3.12 ภาพของวัตถุในมุมมองที่ 2 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 26
3.13 ขั้นตอนการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ภาพในมุมมองที่ 2 ของวัตถุ 27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.14 เกณฑ์ในการเลือกอุปกรณ์สอบเทียบ 28
3.15 ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพของเทคนิค 3D 29
3.16 การเก็บข้อมูลภาพของวัตถุสำหรับเทคนิค 3D 30
3.17 หน้าต่าง GUI ของเทคนิค 3D 30
3.18 ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพของเทคนิค 3D-LLS 32
3.19 การเก็บข้อมูลภาพของเทคนิค 3D-LLS 33
3.20 จุดที่เป็นคุณสมบัติความกว้าง (P_1, P_2) และจุดที่เป็นคุณสมบัติความหนา (P_3, $P4$) 35
3.21 การแบ่งส่วนและคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู 35
4.1 เรียงผักและผลไม้ตามขนาดจากเล็กไปใหญ่ 37
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาปริมาตรด้วยวิธีการแทนที่ด้วยน้ำ 38
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรจริงกับปริมาตรจากระบบคอมพิวเตอร์วิชั่นทั้ง 3 เทคนิค ของผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆน้ำ 43