ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร	วิศวกรรมเกษตร
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การคัดขนาดกุ้งโดยใช้ระบบแมชชีนวิชั่น

Shrimps Sorter by Machine Vision System

นามผู้วิจัย นายสันติ สุขเจริญ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____

(รองศาสตราจารย์วิชา หมั่นทำการ, M.Eng.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อมรฤทธิ์ พุทธิพิพัฒน์ขจรPh.D.)

หัวหน้าภาควิชา _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภรต กุญชร ณ อยุธยา, M.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

_____

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่_____ **เดือน** _____**พ.ศ.** _____

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การคัดขนาดกุ้งโดยใช้ระบบแมชชีนวิชั่น

Shrimps Sorter by Machine Vision System

โดย

นายสันติ สุขเจริญ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สันติ สุขเจริญ 2556: การคัดขนาดกุ้งโดยใช้ระบบแมชชีนวิชั่น ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วิชา หมั่นทำการ, M.Eng. 101 หน้า

จากสภาวะปัจจุบันค่าแรงที่เพิ่มสูงขึ้นและการแข่งขันที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องปรับปรุงตัวและพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นการพัฒนาเครื่องจักรที่สามารถทดแทนแรงงานจึงช่วยลดต้นทุนในการผลิต

โดยระบบแมชชินวิชั่น ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยการพัฒนาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สามารถวัดขนาดความยาวกุ้ง ในการออกแบบโปรแกรมได้เลือกกุ้งซูชิที่มีจุดเด่นเป็นสีแดงที่ตัวกุ้งในการทำงานของโปแกรมนั้น โปรแกรมจะจับภาพเคลื่อนไหวของตัวกุ้งที่วางบนสายพาน โปรแกรมจะแสดงขนาดกุ้งที่ได้จากการวัด ผลการทำงานของโปรแกรมเมื่อนำมาวัดขนาดกุ้งที่ความเร็วสายพานดังนี้ที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที มีความผิดพลาด 1.29% ที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ได้ความผิดพลาด 2.19% ที่ความเร็วของสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ได้ความผิดพลาด 3.54 % จากการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างการวัดด้วยแรงงานและโปรแกรม ค่า Sig < 0.05 แสดงว่าค่าความผิดพลาดในการวัดขนาดกุ้งด้วยโปรแกรมที่ระดับความเร็วสายพานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

_____ _____ ___/___/_____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sunti Sookchalearn 2013: Shrimps Sorter by Machine Vision System. Master of Engineering (Agricultural Engineering), Major Field: Agricultural Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Vicha Manthamkan, M.Eng. 101 pages.

The current state of higher wages and actively growing. The operators need to improve and develop the production process more efficient. The development of machinery to replace labor, thereby reducing production costs.

The sizing machinery shrimp by vision system was designed and built and the development of a computer program to measure the length of shrimp. In the design of the program has featured a selection of sushi, shrimp, red shrimp. In the eight then. The program will capture the movement of the shrimp, put on the belt. The program will show the size of the shrimp. Performance of the program on the scale shrimp speed belt below the belt speed 0.1 m / s with the 1.29% of the belt speed 0.2 m / s at an 2.19% the speed of the conveyor belt 0.3 m / s. 3.54% of the error between the measurement and statistical analysis with the workers and the Sig < 0.05 show that the error in measuring the shrimp with the belt speeds are significantly different statistically.

_____ _____ ___ / ___ / _____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.วิชา หมั่นทำการ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ และ ผศ.ดร.อมรฤทธิ์ พุทธิพิพัฒน์ขจร กรรมการที่ปรึกษารอง ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

สันติ สุขเจริญ

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	39
สรุปและข้อเสนอแนะ	42
สรุป	42
ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	45
ภาคผนวก ก ตารางผนวก	46
ภาคผนวก ข ตัวอย่างโปรแกรม	84

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 แสดงผลผลการทดลองในการวัดขนาดกุ้งด้วยแรงงาน และโปรแกรม 39
2 แสดงผลค่าสัมประสิทธิ์ในการวัดขนาดกุ้งด้วยแรงงาน และโปรแกรม 40

ตารางผนวกที่

1 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 47
2 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 48
3 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75มม. 49
4 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 50
5 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 51
6 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 52
7 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 53
8 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 54
9 ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 55
10 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 56
11 ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 57
12 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75มม. 58
13 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม. 59
14 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม. 60
15 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม. 61
16 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม. 62
17 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม. 63
18 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม. 64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
19	ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม.	65
20	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม.	66
21	ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม.	67
22	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม.	68
23	ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม.	69
24	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม.	70
25	ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	71
26	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	72
27	ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	73
28	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	74
29	ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	75
30	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	76
31	ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	77
32	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	78
33	ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	79
34	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	80
35	ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	81
36	การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.	82
37	การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดของโปรแกรมที่ความเร็วสายพาน 0.1 0.2 และ 0.3 เมตร/วินาที .	83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องคัดขนาดแบบใช้ลูกกลิ้ง	3
2	เครื่องคัดน้ำหนักกุ้ง	4
3	แสดงการคัดขนาดกุ้งซูชิ	4
4	ส่วนประกอบของระบบตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติ	6
5	แสดงความเข็มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ	8
6	แสดงการทำงานของกล้องประเภท Line scan ซึ่งตังกล่องและวัตถุมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน	9
7	แสดงเซนเซอร์รับภาพของกล้องประเภท Area scan ของกล้องถ่ายภาพ	10
8	แสดงการแทนสีด้วยค่าสีแดง สีเขียวและน้ำเงิน	12
9	แสดงการแยกบริเวณทั้งสองวิธี	17
10	แสดงการทำของกระบวนการย่อยที่ชื่อ Connect Component Labeling	18
11	การทำงานจริงที่ประกอบด้วยกลไกต่างๆ	22
12	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	27
13	การวัดขนาดกุ้งด้วยการประมวลผลภาพ	28
14	ตำแหน่งของวัตถุในการทำลอง	29
15	แสดงความแตกต่างของภาพกุ้ง	30
16	แสดงกุ้งที่วางไม่ขนานในแนวแกน x	31
17	แสดงกาหาความยาวของปรแกรมด้วยการหมุนภาพ	31
18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกุ้งและมุมการวางกุ้ง	32
19	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	33
20	กุ้งซูชิที่แสดงผิวกุ้งเป็นสีแดง RGB scale	34
21	กุ้งซูชิที่อยู่ใน gray scale	35
22	กุ้งซูชิที่ลบส่วนเกินออกและแปลงเป็นภาพ binary image	35
23	แสดงการวัดความยาวกุ้งซูชิในตำแหน่งศูนย์กลางของจอภาพ	36

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	การหาขนาดความยาวกุ้ง	36
25	แสดงโปรแกรมการวัดขนาดความยาวกุ้งซูชิ	37

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคัดขนาดกุ้งโดยใช้ระบบแมชชีนวิชั่น

Shrimps Sorter by Machine Vision System

คำนำ

กุ้งจัดเป็นสินค้าประมงประเภทหนึ่งที่ส่งผลบวกให้กับสภาวะเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ จากความสามารถทำเงินตราต่างประเทศเข้าประเทศจากการส่งออก รวมทั้งยังสามารถนำมาแปรรูปแบบต่างๆอย่างหลากหลาย และทำการจำหน่ายทั้งภายในและต่างประเทศซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศ โดยภาวการณ์ผลิตและการส่งออกในปัจจุบันของกุ้งค่อนข้างขยายตัวได้ดี แม้ว่าจะมีปัญหาอยู่บ้างในข้อกีดกันทางการค้าจากกลุ่มประเทศยุโรป และยังคาดว่าผลผลิตกุ้งจะยังคงมีแนวโน้มขยายตัวต่อไปได้อีกในอนาคต เนื่องจากระดับราคาอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถสร้างแรงจูงใจในการซื้อและการเพิ่มขึ้นของความต้องการจากตลาดต่างประเทศ อันเกิดจากประเทศคู่แข่งสำคัญในตลาดส่งออกประเทศสหรัฐอเมริกาประสบกับปัญหาโรคระบาดกุ้ง ทำให้ผู้นำเข้าในสหรัฐอเมริกาหันมานำเข้ากุ้งจากไทยแทน สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย (2555) ได้ให้ข้อมูลในปี 2555 ไทยส่งออกกุ้งปริมาณ 236,351.36 ตัน เทียบกับปี 2554 ลดลง 14.15% มูลค่าส่งออก 65,379.05 ล้านบาท เทียบกับปี 2554 มูลค่าลดลง 14.47% จากทิศทางตลาดของกุ้งข้างต้นทำให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาการผลิตกุ้งในอนาคต โดยเครื่องจักรประเภทหนึ่งที่มีการพัฒนาประดิษฐ์คิดค้นขึ้นภายในประเทศที่น่าสนใจและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกุ้งได้ระดับหนึ่ง คือ เครื่องคัดขนาดกุ้ง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่อำนวยความสะดวกความสามารถและเพิ่มความรวดเร็วในการผลิต รวมทั้งยังทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันการคัดขนาดกุ้งซูชิ (Sushi Shrimp) ยังใช้แรงงานคนเป็นหลักในการคัดแยก การคัดจะใช้ตัวกุ้งวางบนแผ่นอะคลีลิคที่มีเส้นบอกขนาดมาตรฐานของกุ้ง ซึ่งการคัดขนาดแบบนี้จะให้เกิดค่าผิดพลาดและช้า ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน จึงได้สร้างเครื่องคัดขนาดกุ้งใช้ระบบ แมชชีนวิชั่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างเครื่องคัดขนาดกุ้งโดยใช้ระบบแมชชีนวิชั่น โดยใช้กล้องรับสัญญาณและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงานเพื่อแสดงขนาดกุ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

เครื่องคัดขนาดกุ้ง

เครื่องคัดขนาดกุ้งแบบลูกกลิ้ง ประกอบด้วยถังรับกุ้งเข้าเครื่อง แล้วส่งผ่านไปตามชุดสายพานที่ประกอบด้วยมอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนสายพานเพื่อล้างกุ้งและลำเลียงกุ้งเข้าเครื่องคัดขนาดโดยใช้ชุดขับเคลื่อนและปั๊มน้ำหมุนเวียนทำงานร่วมกับลูกกลิ้งแบบยาวจำนวนสองคู่ขนานกันซึ่งมีการทำงานด้วยชุดขับเคลื่อนที่มีลูกล้อเพื่อปรับขนาดของระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองลูกจะมีการทำงานที่หมุนสวนทางกัน เพื่อส่งกุ้งให้เคลื่อนไปตามร่องของลูกกลิ้ง ให้กุ้งจัดเรียงตัวกันเพราะแรงสั่นสะเทือนตัวกุ้งจะเคลื่อนตัวขนานไปกับลูกกลิ้งยาวจำนวนสองลูกที่หมุนสวนทางกัน โดยจะมีช่องรองรับขนาดของกุ้งใหญ่ขึ้นไปเรื่อยๆ เมื่อช่วงตัวหลวมกุ้งจะหล่นลงไปตามช่องของลูกกลิ้งตามขนาดที่ตั้งไว้ และจะมีถาดรองกุ้งแต่ขนาดที่ตกลงมาจะเคลื่อนไปตามสายพานออกสู่ภาชนะชุดถาดรองรับกุ้งแต่ละขนาด ซึ่งช่องนี้สามารถปรับขนาดและตั้งระยะได้ตามความต้องการและส่งต่อไปยังชุดสายพานเพื่อรับกุ้งออกจากเครื่องคัดขนาดต่อไป

ภาพที่ 1 เครื่องคัดขนาดแบบใช้ลูกกลิ้ง

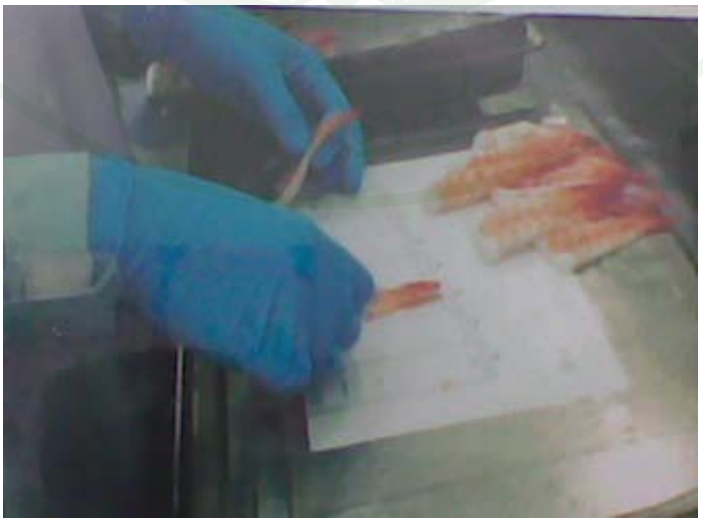
เครื่องคัดน้ำหนักกุ้ง ประกอบด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงาน มีโหลดเซลล์รับน้ำหนักกุ้งและใช้ระบบนนิวแมติกในการแยกกุ้ง หลักการทำงานเมื่อพนักงานวางกุ้งบนโหลดเซล์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไมโครโปรเซสเซอร์จะรับสัญญาณจากโหลดเซลล์ ไมโครโปรเซสเซอร์จะแปลงสัญญาณเป็นน้ำหนัก เมื่อได้ค่าน้ำหนักไมโครโปรเซสเซอร์จะสั่งให้ชุดแยกน้ำหนักทำงาน โดยจะสั่งให้กระบอกลมเปิดแผ่นซุปเปอร์ลีนให้กุ้งหล่นลงบนสายพานที่อยู่ข้างล่างตามขนาดกุ้ง กุ้งที่จะหล่นลงสายพานลำเลียงสายพาน จะพากุ้งลงตะกร้ารับกุ้ง เครื่องคัดน้ำหนักกุ้งมีค่าความแม่นยำอยู่ที่บวกลบ 1 กรัม และความสามารถที่ 200 กิโลกรัม / ชั่วโมง

ภาพที่ 2 เครื่องคัดน้ำหนักกุ้ง

แผ่นคัดแยกขนาดกุ้งซูชิ เนื่องจากลักษณะของกุ้งซูชิเป็นกุ้งผ่าครึ่งกลางลำตัว การคัดขนาดจะใช้แผ่นภาพเทียบตัวกุ้ง ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยแผ่นคัดแยกขนาดจะมีการแบ่งช่องสำหรับว่างกุ้งเทียบกับขนาด 75, 80, 85, 90, 95, 5L, 9L ตัวแผ่นวัดขนาดจะมีขนาดเท่ากับขนาดกระดาษ A4



ภาพที่ 3 การคัดขนาดกุ้งชูชิ

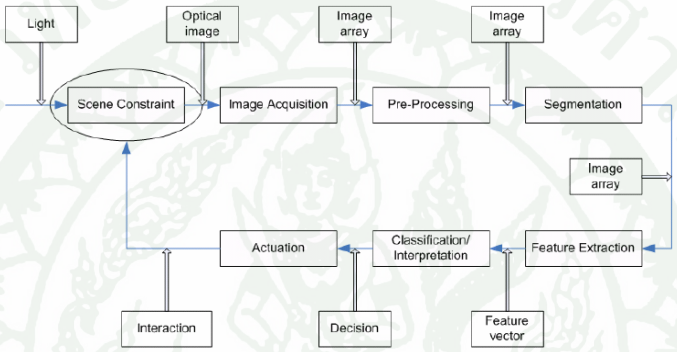
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แมชชีนวิชั่น (Machine Vision) (เกริกพงษ์,2548)

เป็นวิธีการที่ทำให้อุปกรณ์ประมวลผลต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์หรืออุปรณ์ประมวลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processor) มีความสามารถในการ รับรู้ ภาพ ซึ่งรวมทั้ง การทำให้อุปกรณ์ประมวลผลนั้นๆ สามารถตัดสินใจและสั่งงานกลไกส่วนต่างๆได้ จากข้อมูลที่ได้จากภาพหรือกลุ่มของภาพนั้นๆ จุดมุ่งหมายสูงสุดของ Machine Vision คือทำให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลต่างๆมีความสามรถให้ได้เทียบเท่ากับระบบการมองเห็นของมนุษย์ ที่มีวิวัฒนาการต่อเนื่องกันหลายสิบล้านปี อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีในปัจจุบันยังคงไม่สามารถทำให้เครื่องจักรสามารถ มองเห็นและรับรู้ ได้เทียบเท่ากับความสามารถของมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น ผู้อ่านที่เป็นมนุษย์ที่มีสภาพร่างกายปกติ จะสามารถแยกแยะสิ่งของที่ต้องการจากกองสิ่งของหลายอย่างๆได้ หรือสามารถแยกแยะหน้าคนที่คุ้นเคยได้ จากกลุ่มคนที่อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีฝนตก หรือหมอกลงจัด การทำกิจกรรมดังกล่าวนั้น ผู้อ่านจะสามารถทำได้โดยแทบไม่ต้องใช้ความพยายามเท่าไรนัก ซึ่งหากต้องการให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลมีความสามารถที่จะทำกิจกรรมกล่าวได้นั้น นอกจากต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างมากแล้ว ยังต้องใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลและสมองมนุษย์ ที่แม้อุปกรณ์ประมวลจะมีความเร็วในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าสมองของมนุษย์มาก ดังจะเห็นได้ง่ายๆ จากการบวกเลข 20 หลักเข้าด้วยกัน จะพบว่าคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันหรือแม้กระทั่งเครื่องคิดเลขธรรมดาๆทั่วไป จะสามารถทำงานดังกล่าวได้โดยใช้เวลาเพียงเศษเสี้ยววินาทีเท่านั้น ซึ่งต่างกับสมองมนุษย์ที่เป็นหน่วยประมวลผลย่างง่าย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหน่วยย่อยๆของสมองมนุษย์เหล่านี้ มีจำนวนมากมายมหาศาล และทำงานไปพร้อมๆกัน (Parallel processing) แทนที่จะทำงานทีละขั้นตอน(Serial processing) ซึ่งเป็นวิธีการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบัน จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของสมองมนุษย์สูงกว่าอุปกรณ์ประมวลผลที่อยู่ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก แม้ว่า ด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันจะมาสามารถพัฒนาความสามารถมองเห็นและรับรู้ ของเครื่องจักรให้ได้เทียบเท่ากับของสมองมนุษย์ แต่ผลที่ได้จากการพัฒนาความรู้เรื่อง Machine Vision ก็สามารถนำไปใช้กับงานได้หลากหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น การนำไปใช้กับระบบการมองเห็นของมนุษย์ ใช้กับระบบรักษาความปลอดภัย หรือแม้กระทั่งการประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรม เป็นต้น ระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติ (Automated visual inspection system) เป็นการนำเอาความรู้เรื่อง Machine Vision ไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีหัวข้อในการตรวจสอบอยู่หลายๆหัวข้อด้วย เช่น การตรวจการปนเปื้อนบนพื้นผิวภัณฑ์ (Contamination) การผิดเพี้ยนของสีของผลิตภัณฑ์ (Discoloring) การนับจำนวนชิ้นส่วนต่างๆ ที่อยู่บนผลิตภัณฑ์ (Part counting) เป็นต้น ซึ่งผลของการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตรวจสอบดังกล่าวอาจจะใช้เพื่อแยกงานดีออกจากงานเสีย หรือใช้เพื่อคัดเลือกเกรดของชิ้นงานก็ได้เช่นกัน และจากความต้องการด้านของอุตสาหกรรมที่ต้องการระบบที่สามารถทำงานได้รวดเร็วมากที่สุด ทำให้การทำงานของระบบอัตโนมัติ ซึ่งโดยหลักแล้วก็คือ การทำงานของโปรแกรมที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ประมวลผล จะต้องใช้เวลาที่สั้นที่สุด ดังนั้นวิธีการคำนวณต่างๆจะต้องใช้เวลาให้น้อยที่สุด นอกจากนั้น ความรู้ต่างๆที่มีอยู่ในผู้ที่ปฏิบัติงานกับผลิตภัณฑ์นั้นๆมาก่อน จะต้องถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้ระบบสามารถตัดการคำนวณที่ไม่จำเป็นออกไปให้ได้มากที่สุด



ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของระบบตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติ

ที่มา:เกริกพงษ์,2548

ในการจัดสภาพแวดล้อม จุดมุ่งหมายหลักของการจัดสภาพแวดล้อมของระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติ คือ เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลให้มากที่สุด ทั้งนี้ ก็เนื่องจากการที่ความสามารถการ มองเห็นและรับรู้ ของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบันมีอยู่อย่างจำกัด และไม่เทียบเท่ากับความสามารถของมนุษย์ เราจึงต้องช่วยลดความยุ่งยากของการประมวลผล ทั้งนี้ก็เพื่อให้อุปกรณ์ประมวลผลใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับงานที่ไม่ซับซ้อนและเท่าที่มีความจำเป็นเท่านั้น ซึ่งเราจะสามารถทำได้หลายๆวิธีร่วมกัน ยกตัวอย่างเช่น การจัดการกับชิ้นงานในสภาพแวดล้อมจริงในโรงงานอุตสาหกรรม ชิ้นงานแต่ละชิ้นที่จะถูกป้อนให้กับระบบตรวจสอบจะต้องถูกจัดให้วางตัวในทิศทางเดียวกัน ซึ่งหากไม่มีการจัดการเกี่ยวกับการวางของชิ้นงานเหล่านี้แล้ว อุปกรณ์ประมวลผลจะต้องหาทิศทางของชิ้นงานแต่ละชิ้น ก่อนที่จะเริ่มทำการตรวจสอบชิ้นงานจริงๆ นอกจากนั้น ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ให้ระบบอัตโนมัติทำการตรวจสอบนั้นจะต้องถูกกำจัดด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ในสายการผลิตหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่จะสามารถใช้ระบบตรวจสอบด้วยภาพแบบอัตโนมัติจะถูกกำหนดรุ่นไว้อย่างแน่นอน โดยสามารถนำผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นมาตรวจสอบกับระบบตรวจสอบชิ้นส่วนที่ออกแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไว้ได้ ระยะระหว่างกล้องหรือเลนส์ถึงวัตถุและทิศทางของกล้อง ตัวแปรเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดของชิ้นงานที่ระบบอัตโนมัติ มองเห็น เช่น หากระยะดังกล่าวสั้นลงแล้ว ชิ้นงานที่ระบบอัตโนมัติมองเห็นจะมีขนาดใหญ่ ดังนั้น สำหรับระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติโดยทั่วไปแล้ว ตัวแปรเหล่านี้จะต้องถูกกำหนดไว้ตายตัว มิฉะนั้นแล้ว การวัดขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งจัดเป็นการตรวจสอบพื้นฐานของการตรวจสอบชิ้นงานก่อนการตรวจสอบในหัวข้ออื่นๆก็จะผิดเพี้ยนไป ในการจัดการเรื่องแสง แสงจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญมากเนื่องจากการมองเห็นภาพของระบบอัตโนมัตินั้นเกิดจากการที่มีแสงมาตกกระทบวัตถุ แล้วสะท้อนผ่านเลนส์มาเข้าตัวเซนเซอร์รับภาพของกล้องที่ใช้กับระบบอัตโนมัติ ซึ่งการจัดการเกี่ยวกับแสงนั้น จำเป็นต้องพิจารณาทั้งเรื่องการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสง การกระเจิงของแสง และคุณสมบัติอื่นๆ สำหรับการตรวจสอบชิ้นงานโดยทั่วไปแล้วจะทำการติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงไว้ที่ด้านเดียวกับตัวกล้องแล้วส่องไปที่วัตถุที่ต้องการจับภาพ ซึ่งเรียกกันว่า Front lighting อย่างไรก็ตามจะพบว่า สำหรับงานตรวจสอบชิ้นงานบางอย่าง อาจจำเป็นจะต้องใช้การส่องแสงมาจากด้านหลังของวัตถุที่ใช้พิจารณาที่เรียกกันว่า Back lighting แล้วใช้ภาพที่ได้ทั้ง 2 ภาพมาประมวลผลเพื่อตรวจสอบวัตถุ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยเพื่อหาอัตราการปลอมปนข้าวราคาต่ำในข้าวหอมมะลิ ที่ชื่อว่า โครงการการประเมินคุณภาพของเมล็ดข้าวโดยใช้ระบบวิเคราะห์ทางภาพ (Image Processing for Rice Kernel Quality Evaluation) ของนางสาวศิริลักษณ์ แสนสมบูรณ์สุข และ Dr. Nitin V Afzulpurkar นอกไปจากการจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้กับระบบตรวจสอบชิ้นส่วนจากภาพแบบอัตโนมัติแล้ว งานบางประเภทอาจจะต้องมีการใช้ภาพจากกล้องหลายๆ ตัวเพื่อใช้ตรวจสอบชิ้นงานจากหลายๆมุมมอง บางกรณีอาจจะเป็นการใช้กล้องเพียงตัวเดียว แต่ตัวกล้องสามารถเคลื่อนที่ไปตามส่วนต่างๆของชิ้นงานได้ และสำหรับบางกรณีอาจจะมีการเก็บภาพวัตถุเดียวกัน ที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงหลายๆแหล่งหลายๆประเภทก็เป็นได้

การดึงข้อมูลภาพ (Image acquisition)

หากจะกล่าวอย่างง่ายๆแล้วกระบวนการดึงข้อมูลภาพ คือ กระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้อง ตลอดจนถึงการดึงภาพซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ประมวลผล เพื่อที่จะได้ประมวลผลและตัดสินใจสั่งงานจากผลที่ได้ต่อไป กระบวนการดังกล่าวมีรายละเอียดปลีกย่อยที่สำคัญดังนี้

1. ประเภทของกล้องที่ใช้งานตรวจสอบชิ้นส่วนในเชิงอุตสาหรรม กล้องที่ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนในปัจจุบันนั้น จะเป็นกล้องดิจิตอลซึ่งใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เรียกกันว่า เซ็นเซอร์รับภาพ (Image sensor) เพื่อใช้ในการรับภาพ เซ็นเซอร์ดังกล่าวมีขนาดเล็กมากเท่าเล็บมือคนเท่านั้น ซึ่งจะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกอบด้วยไดโอดที่มีความไวต่อแสงเรียงตัวกันอยู่เป็นจำนวนมาก และในทันทีทันใดที่แสงมีการตกกระทบไดโอดเหล่านี้ ไดโอดแต่ละตัวจะทำการจดจำความเข็มแสงหรือความสว่างของแสงที่ตกกระทบไดโอดแต่ละตัวไว้ โดยปริมาณประจุไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวไดโอดซึ่งแปรผันกับแรงดันตกคร่อมไดโอดนั้น จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งความเข้มแสงที่ได้จดจำไว้ในไดโอดแต่ละตัว จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลดิจิตอลและเก็บไว้ในหน่วยความจำที่อยู่ในตัวกล้องเพื่อรอส่งให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกกล้องต่อไป สำหรับไดโอดนี้เรียกกันว่า เซลล์รับภาพ (พิกเซล pixel) ซึ่งหนึ่งเซลล์รับภาพจะให้ค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบเพียงค่าหนึ่งเท่านั้น โดยทั่วไปค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพจะมีค่าระหว่าง 0-255 เท่านั้น (ช่วงข้อมูลดังกล่าวสามารถแทนด้วยข้อมูลขนาด 1 byte หรือ 8 บิต ที่จะให้ความละเอียด 2^8 หรือ 256 ระดับ ซึ่งเป็นความละเอียดของกล้องที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในท้องตลาด อย่างไรก็ตาม จะมีกล้องบางประเภทที่ให้ค่าความเข้มแสงที่มีความละเอียดสูงถึง 16 บิต) โดยหากค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าที่เซลล์รับภาพนั้น มีความเข้มต่ำสุดหรือเป็นด้านมืด และหากมีค่าเท่ากับ 255 ก็แสดงว่าที่เซลล์รับภาพที่ตำแหน่งนั้นมีความเข้มแสงสูงหรือเป็นด้านสว่าง

ภาพที่ 5 แสดงความเข้มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ

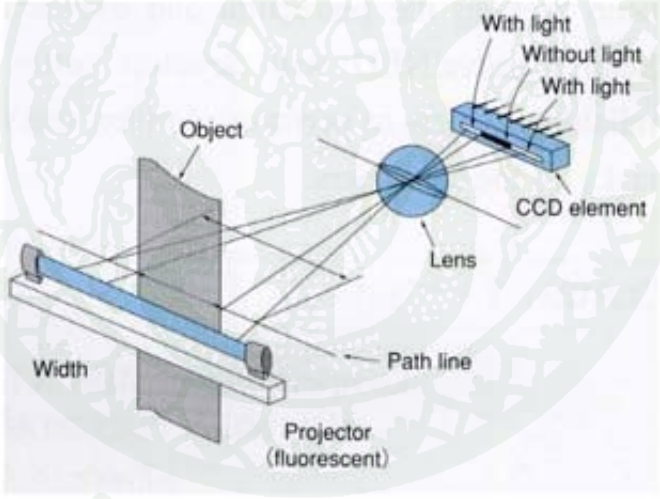
ที่มา: กริกพงษ์,2548

เมื่อพิจารณากระบวนการทั้งหมด จะพบว่าเซลล์รับภาพแต่ละเซลล์นั้นจะให้ค่าความเข้มแสงออกมาเป็นตัวเลขที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เท่านั้น ซึ่งทำให้ได้ภาพที่เป็นโทนขาวดำหรือว่า Gray scale image เท่านั้น จึงมีคำถามว่าแล้วกล้องถ่ายภาพสีนั้นหลักการทำงานอย่างไร คำตอบก็คือว่า กล้องสีก็ยังใช้เซลล์รับภาพเหล่านี้เช่นกัน โดยทำการแยกสีหลัก 3 สี ได้แก่ สีแดง เขียว และน้ำเงินออกจากกัน โดยการติดตั้งตัวกรองแสงสี (filter) แต่ละสีไว้หน้าเซลล์รับภาพแล้วทำการวัดความเข้มของแต่ละสีนั้นเอง

กล้องสำหรับงานตรวจสอบชิ้นส่วนนั้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กล้องประเภท Area scan และกล้องประเภท Line scan ข้อแตกต่างของกล้องทั้งสอง 2 ประเภท กล้องประเภท Line scan นั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

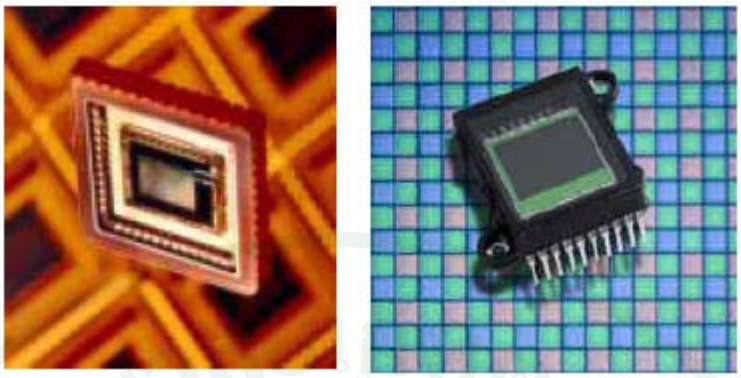
เซลล์รับภาพสำหรับความเข้มแสง (สำหรับกล้องที่ให้ภาพออกมาเป็น gray scale) หรือความเข้มสี (ในกรณีที่เป็นกล้องที่ใช้ถ่ายภาพสี) จะเรียงตัวเป็นแถวยาว ที่อาจจะมีจำนวนมากถึง 12000 เซลล์ ทำให้การที่จะสามารถจับภาพของทั้งวัตถุได้ กล้องจะต้องมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กับวัตถุ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะออกแบบให้กล้องตรึงอยู่กับที่ และตัววัตถุถูกเลื่อนไปโดยการใช้ระบบสายพาน (conveyor) ข้อดีของกล้องประเภทนี้คือ จะให้ความละเอียดของภาพสูงมากอย่างไรก็ตามสำหรับงานตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติโดยทั่วไป จะใช้ประเภท Area scan ที่เซลล์รับภาพมีการเรียงตัวกันอยู่ในพื้นที่ซึ่งโดยมากเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งเซลล์แต่ละเซลล์จะทำการแปลงค่าความเข้มแสงหรือความเข้มสีให้ออกมาเป็นค่าตัวเลขในเวลาพร้อมกัน และถึงแม้ว่า กล้องชนิดนี้จะให้ภาพที่มีความละเอียดน้อยกว่าของกล้องประเภท Line scan เป็นอย่างมาก แต่กล้องประเภทนี้สามารถนำไปใช้ได้อย่างสะดวก โดยไม่จำเป็นต้องออกแบบให้มีการเคลื่อนไหวสัมพัทธ์ระหว่างตัวกล้องกับชิ้นงาน จึงทำให้กล้องชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน



ภาพที่ 6 แสดงการทำงานของกล้องประเภท Line scan ซึ่งตัวกล้องและวัตถุจะมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน

ที่มา:http://www.generex.co.th/linescan-t.html

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 เซ็นเซอร์รับภาพของกล้องประเภท Area scan ของกล้องถ่ายภาพ Gray scale และของกล้องถ่ายภาพสี ซึ่งการรับภาพมีการเรียงตัวกันเต็มพื้นที่ของเซ็นเซอร์

ที่มา:เกริกพงษ์,2548

จากรูปที่ 7 แสดงเซ็นเซอร์ที่ใช้กับกล้องถ่ายภาพสี สำหรับพื้นหลังของรูปดังกล่าวแสดงรูปแบบการเรียงตัวของเซลล์รับภาพที่วัดความเข้มสี จะพบว่า ตัวกรองแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน ได้ถูกติดเข้ากับเซลล์รับภาพแต่ละเซลล์ และมีการกระจายตัวอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้เซลล์รับภาพซึ่งสามารถวัดได้เพียงความเข้มแสง สามารถนำมาใช้วัดความเข้มสีได้สำหรับเซ็นเซอร์ภาพบางรุ่นอาจจะมีกลไกการเปลี่ยนตัวกรองแสงสีที่อยู่ด้านหน้าเซลล์รับภาพ แทนที่จะติดตัวกรองแสงสีแบบตายตัวในลักษณะดังกล่าว

2. ภาพที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็น หลักการทำงานของกล้องก็เป็นเช่นเดียวกับระบบกามองเห็นของมนุษย์นั้นคือ ภาพเกิดจากการที่มีแสงตกกระทบวัตถุแล้วมีแสงสะท้อนจากวัตถุ ผ่านเลนส์เข้ามาตกกระทบเซ็นเซอร์รับภาพ (Image sensor) ของกล้อง ซึ่งประกอบด้วยเซลล์รับภาพ (pixel) จำนวนมาก เซลล์รับภาพแต่ละเซลล์จะทำหน้าที่แปลงความเข้มแสงสำหรับกรณีที่เป็นกล้องขาวดำหรือแปลงความเข้มสีของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน สำหรับกรณีของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพสี ให้อยู่ในรูปของค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลอีกทีหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การทำงานของเซลล์รับภาพกล้องจะแตกต่างจากเซลล์รับภาพของมนุษย์อยู่ 2 ประการด้วยกัน คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- จำนวนเซลล์รับภาพที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องนั้น มี จำนวนน้อยกว่าของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทำให้ภาพที่ได้จากกล้องนั้นมีความละเอียดน้อยกว่าของมนุษย์เป็นอย่างมาก ภาพที่ได้จากกล้องจึงเกิดการสุ่มจับภาพจริงด้วยจำนวนที่จำกัดของเซลล์รับภาพ (Spatial sampling)

- ค่าความเข้มแสงที่ได้จากเซลล์รับภาพ (หรือความเข้มสีในกรณีของกล้องถ่ายภาพสี) ของเซ็นเซอร์รับภาพที่อยู่ในกล้องนั้น จะเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete value) เนื่องจากเป็นการทำงานของอุปกรณ์ดิจิตอลซึ่งจะเป็นการสุ่มขนาดของความเข้มแสงที่ตกกระทบ (Amplitude sampling) ไม่เหมือนกับของมนุษย์ที่มีความต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นการทำงานของสารเคมีที่อยู่ในเซลล์รับภาพ

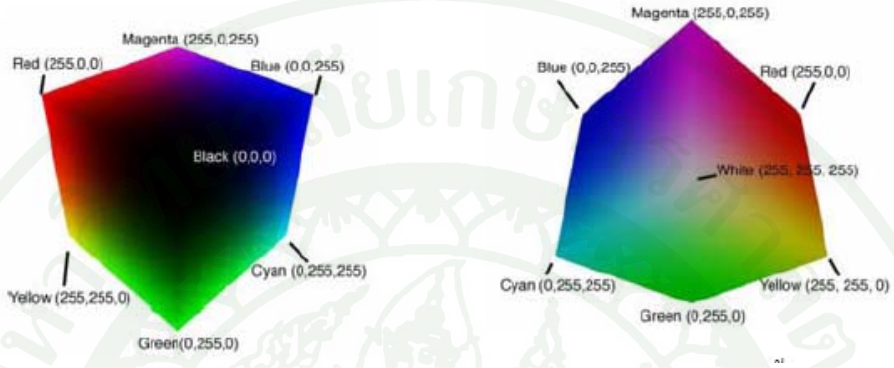
จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงทำให้ข้อมูลของภาพ Gray scale ที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็น มีลักษณะเป็นอาร์เรย์ 2 มิติ โดยที่ค่าแต่ละช่องของอาร์เรย์จะแทนความเข้มแสงหรือความเข้มสีที่ตกกระทบเซลล์รับภาพที่ตำแหน่งนั้น ซึ่งค่าความเข้มแสงดังกล่าวจะเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่องและโดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 เท่านั้น ดังสมการที่ 1.1 ซึ่งเป็นตัวอย่างภาพที่มีจำนวนแถวหรือความสูงของภาพเท่ากับ m แถว และมีจำนวนหลักหรือความกว้างของภาพเท่ากับ n หลัก

$$\text{Image} = \begin{pmatrix} I(1,1) & I(1,2) & \cdot & \cdot & I(1,n) \\ I(2,1) & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ I(m,1) & I(m,2) & \cdot & \cdot & I(m,n) \end{pmatrix} \quad (1)$$

เมื่อ I(m, n) คือ ค่าความเข้มแสง ณ แถว m และหลัก n ของเซ็นเซอร์รับภาพ ซึ่งเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง สำหรับกรณีที่เป็นกล้องถ่ายภาพสีนั้น ข้อมูลของภาพจะเป็นอาร์เรย์ 2 มิติจำนวน 3 อาร์เรย์ด้วยกัน และโดยทั่วไปแล้วอาร์เรย์เหล่านี้ จะเก็บค่าความเข้มสีของสีแดง เขียว น้ำเงิน ตามลำดับ ซึ่งแต่ละช่องของอาร์เรย์เหล่านี้ก็จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นกัน ดังนั้น การแทนสีที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติของอุปกรณ์ประมวลผล จะแทนด้วยค่าความเข้มสี ณ ตำแหน่ง เดียวกันของอาร์เรย์ทั้งสามมาผสมกัน สำหรับตัวอย่างสีที่เกิดจากการผสมกันของสีทั้งสามนั้น จะพบว่าการผสมแสงสีดังกล่าว จะคล้ายคลึง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กับวิชาศิลปะที่เป็นการผสมสีของแม่สีเข้าด้วยกันนั่นเอง อย่างไรก็ตาม การรวมกันของแสงสีที่อยู่ในอุปกรณ์ประมวลผลนั้นเรียกว่า Additive color system ที่หากมีการรวมกันของแสงสีต่างๆด้วยค่าสูงสุดแล้ว จะให้แสงสีขาวออกมา ในขณะที่การผสมสีในสีในวิชาศิลปะนั้นเมื่อผสมแม่สีทั้งสามเข้าด้วยกันด้วยปริมาณที่เท่าๆกัน จะได้สีดำออกมา



(a) (b)

ภาพที่ 8 แสดงการแทนสีจริงด้วยค่าสีแดง สีเขียวและน้ำเงิน

(a) เมื่อพิจารณาจากด้านสีดำ จะพบว่าค่าของสีทั้งสามเท่ากับ 0

(b) เมื่อพิจารณาจากด้านสีขาวจะพบว่าค่าของสีทั้งสามเท่ากับ 255

ที่มา:http://www.geocities.ws/k_kirkpong/Index-2.html

ในรูปที่ 8 หากสีที่เซลล์รับภาพนั้นได้รับมาเป็นสีแดงล้วน ค่าความเข้มสีของอาร์เรย์สีแดง ณ ตำแหน่งดังกล่าว จะมีค่าสูงสุดคือ 255ในขณะที่ ณ ที่ตำแหน่งเดียวกันของอาร์เรย์อื่นๆ ที่เหลือจะมีค่าเป็น 0 ซึ่งจะพบว่าแบบจำลองการแทนสีดังกล่าว มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยที่แต่ละด้านจะมีความยาว 255 หน่วย และเรียกการแทนสีที่เกิดขึ้นจริงด้วยการผสมระหว่างสีแดง เขียว และน้ำเงินนี้ว่า RGB color space ซึ่งเป็นวิธีแทนสีที่เกิดขึ้นจริงของคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประมวลผลโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีวิธีการระบุสีที่เกิดขึ้นจริงในหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบก็เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะอย่าง สำหรับในทางปฏิบัตินั้น หากพิจารณาจากกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์ จะไม่ได้อยู่ในรูปของอาร์เรย์ 2 มิติ แต่จะอยู่ในรูป Byte steam ที่เป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่องเรียงกัน โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลค่าแรกจะเป็นค่าความเข้มแสงของเซลล์รับภาพที่อยู่มุมล่างขวาของเซ็นเซอร์รับภาพในกรณีที่เป็นถ่ายภาพแบบ Gray scale และสำหรับกรณีที่เป็นกล้องที่ถ่ายภาพสีนั้น ข้อมูลค่าแรกจะเป็นสีน้ำเงินของเซลล์รับภาพที่อยู่มุมล่างขวาของเซ็นเซอร์รับภาพ ซึ่งจะตามด้วยสีเขียวและสีแดงของจุดเดียวกันเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำดับต่อเนื่องกันไปดังนั้นโปรแกรมจะต้องทำการจัดเรียงข้อมูลที่มีความต่อเนื่องเหล่านี้ให้อยู่ในรูปอาร์เรย์ 2 มิติเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกการอ้างถึงตำแหน่งของข้อมูลของกระบวนต่อไปนั่นเอง

วิธีการดึงข้อมูลภาพภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์

สำหรับวิธีการดึงข้อมูลจากกล้องเข้ามาสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออีกนัยหนึ่งคือ การดึงค่าข้อมูลจากกล้องเข้าสู่โปรแกรมนั้น โดยทั่วไปนั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีด้วยกัน

1.การดึงข้อมูลโดยการใช้เครื่องมือในการโปรแกรม (Programming tool) ที่ผู้ผลิตกล้องให้มาโดยมากแล้ว สำหรับกล้องที่มีความละเอียดสูง (hi-resolution camera) ผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายนั้นอยากให้ผู้ใช้นำกล้องไปใช้งานอยู่แล้ว ดังนั้น หลังจากซื้อกล้องแล้ว ผู้ผลิตมักแถมเครื่องมือในการโปรแกรมเพื่อใช้ดึงข้อมูลภาพออกจากตัวกล้องมาสู่ตัวโปรแกรมหลักเสมอ โดยทั่วไป เครื่องมือดังกล่าวจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ dll และ activeX นอกจากนั้น ผู้ผลิตยังอาจจะให้ตัวโปรแกรมอย่างง่ายมาให้ด้วย ซึ่งก่อนที่จะซื้อกล้องชนิดนั้นๆ โปรแกรมเมอร์จะต้องทำการพิจารณาเสียก่อน ตัวแปลงภาษา (Compiler) ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมอยู่นั้น รองรับการทำงานของเครื่องมือที่ผู้ผลิตให้มาหรือไม่

2. การดึงข้อมูลโดยการใช้เครื่องมือในการโปรแกรมของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ เช่น Video for Window (VFW) หรือ DirectShow สำหรับ Video For Window นั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้ดึงข้อมูลภาพจากกล้อง และสามารถใช้อ่านไฟล์วีดีโอประเภท AVI (Audio Video Interleave) ได้อีกด้วย เครื่องมือดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการใช้โปรแกรมที่มีมาให้อยู่แล้ว ตั้งแต่ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 3.1 ซึ่งฟังค์ชั่นการทำงานของเครื่องมือในการใช้โปรแกรมชนิดนี้ ถูกฝังในไลบรารี่ 2 ตัวด้วยกัน คือ msvfw32.dll และ avicap32.dll และถึงแม้ว่าในปัจจุบัน จะมีเครื่องมือในการใช้โปรแกรมสำหรับดึงข้อมูลภาพจากกล้องมาสู่โปรแกรมตัวใหม่ของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ คือ DirectShow มาแทนที่ แต่ระบบปฏิบัติการวินโดวส์รุ่นต่างๆ ส่วนใหญ่ก็ยังสนับสนุนการทำงานของ VFW อยู่นั้นเอง จึงอาจกล่าวได้ว่า ในปัจจุบัน VFW จัดเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนา เนื่องจาก ทั้งผู้ผลิตกล้อง รวมทั้งระบบปฏิบัติการวินโดวส์รุ่นต่างๆยังคงยึด VFW เป็นหลักอยู่ นอกจากนั้น เนื่องจาก VFW มีการใช้งานมานานและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ข้อผิดพลาดต่างๆ ได้ถูกแก้ไขไปเกือบหมด ข้อสังเกตหนึ่งของการเรียกใช้งานเครื่องมือในการโปรแกรมของระบบปฏิบัติการวินโดวส์คือ สามารถใช้งานได้อย่างยืดหยุ่นมากที่สุด ซึ่งทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถเข้าถึงหน่วยความจำทั้งหลังและก่อนแสดงภาพเลยทีเดียว นอกจากนั้น ด้วยการใช้งานเครื่องมือดังกล่าวนี้ ยังสามารถนำไปพัฒนา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นเครื่องมือในการโปรแกรมแบบเดียวกับทางเลือกแรก และทางเลือกที่สามที่สามารถนำไปจำหน่ายในทางการค้าได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ข้อด้อยของการใช้งานคือ ความยุ่งยากและซับซ้อนของการใช้งานเครื่องมือดังกล่าวนั่นเอง

3.การดึงข้อมูลภาพโดยการใช้เครื่องมือในการใช้โปรแกรมที่อยู่ในรูปของ active หรือ dll ซึ่งมีจำหน่ายในเชิงการค้า หรือที่เรียกกันว่า Third party active ในปัจจุบันมีผู้ผลิตและจำหน่ายหลายๆรายด้วยกัน เช่น video OCX เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เครื่องมือในการโปรแกรมลักษณะนี้มักจะถูกออกแบบให้มีความสามารถหลายๆอย่าง เช่น การดึงข้อมูลภาพ การประมวลภาพเบื้องต้นและการเปิดไฟล์วีดีโอ นอกจากนั้น การใช้งานยังสามารถทำได้อย่างง่ายดายอีกด้วย เช่น การอ่านข้อมูลภาพจากกล้อง ที่สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรมเพียงไม่กี่บรรทัดอย่างไรก็ตาม การใช้งานเครื่องมือในการใช้โปรแกรมชนิดนี้ มักจะประสบปัญหาบางประการคือ ขาดความยืดหยุ่นในการปรับแก้การทำงาน นอกจากนั้น เมื่อต้องการส่งต่อหรือจำหน่ายโปรแกรมที่เขียนขึ้น ไปสู่ผู้ใช้งานจริง อาจจะต้องจ่ายเงินเพิ่มขึ้น ถ้าเป็นการนำไปใช้งานในทางอุตสาหกรรม ที่ไม่ใช่การใช้เพื่อการศึกษา

การประมวลภาพเบื้องต้น (Pre-processing) (เกริกพงษ์, 2548)

การประมวลผลภาพมีด้วยกันหลากหลายกระบวนด้วยกัน กระบวนการเหล่านี้เป็นความรู้ที่สามารถพบได้ทั่วไปในสาขาเรื่อง การประมวลภาพดิจิตอล (Digital image processing) ซึ่งจะพบว่าในสาขาวิชานี้มีความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพอยู่มากมายที่นำประยุกต์ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติ เช่น

- การลดทอนสัญญาณรบกวนที่ปรากฏขึ้นในภาพ
- การตรวจจับขอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ
- การแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของภาพ เช่น การหมุน การเลื่อน การย่อและขยายภาพ เป็นต้น
- การแปลงสี (color space conversion)
- การวิเคราะห์ภาพในเชิงความถี่
- การบีบอัดข้อมูลภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งจะพบว่าระเบียบวิธี (Algorithm) ของวิธีประมวลภาพบางอย่างก็ไม่เหมาะสมที่นำมาใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนแบบอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นการนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรมที่ต้องการการทำงานที่รวดเร็วที่สุด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเลือกใช้ระเบียบวิธีเฉพาะที่ง่ายและใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้จะสามารถเป็นจริงได้ ก็ด้วยการจัดสภาพแวดล้อมในการจับภาพที่ดี นอกจากนั้นแล้ว ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้นซึ่งมีอยู่ในผู้ปฏิบัติงาน ก็ควรนำมาใช้เพื่อช่วยให้ระบบสามารถทำงานให้ได้เร็วที่สุดด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น

- การระบุบริเวณที่ต้องการตรวจสอบ (Region of Interest, ROI) โดยผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งประเภทการตรวจสอบที่ใช้กับบริเวณนั้นๆ จะพบว่า การระบุเฉพาะบริเวณที่สนใจรวมทั้งรูปแบบการวัดหรือการตรวจสอบที่ใช้เฉพาะกับบริเวณนั้นๆ จะทำให้โปแกรมสามารถตัดการคำนวณของบริเวณที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ทำให้โปรแกรมสามารถทำงานได้เร็วขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์สีที่ผิดเพี้ยน ซึ่งจะต้องมีการแปลงระบบสี (Color conversion) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก หากทำการแปลงระบบสีของภาพทั้งภาพนั้นจะต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก หากผู้ปฏิบัติงานช่วยบอกกับระบบว่า เฉพาะบริเวณใดที่ต้องการตรวจจับสีผิดเพี้ยน โปรแกรมก็จะสามารถทำการแปลงหรือคำนวณเฉพาะบริเวณที่ระบุไว้ โดยละบริเวณที่ไม่ได้ระบุไว้ ซึ่งจะทำการทำงานของระบบมีความรวดเร็วขึ้นมาก

- การนำความรู้เรื่องรูปร่างของผลิตภัณฑ์มาใช้ เช่น ตรวจสอบบริเวณขอบของผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนของเส้นตรง หรือการหารัศมีของชิ้นส่วนหรือบริเวณที่เป็นวงกลม จะพบว่า การตรวจสอบประเภทนี้จะต้องทำการตรวจจับส่วนของเส้นตรงหรือการตรวจจับวงกลมทั้งวงให้ได้เสียก่อน ที่จะทำการพิจารณาคุณสมบัติอื่นๆ เช่น มุมของเส้นตรง หรือ จุดศูนย์กลางของวงกลม เป็นต้น กระบวนการตรวจจับดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีที่เป็นที่นิยมกันเป็นอย่างมากในการตรวจจับเส้นตรงหรือวงกลม เรียกว่า Hough transformation ซึ่งเป็นการหาสมการของเส้นตรงหรือสมการของวงกลมโดยไม่ต้องมีข้อมูลใดๆมาช่วย วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่นิยมกันมากในการทำงานภายใต้สภาวะแวดล้อมแบบเปิด ที่มีของที่ไม่ทราบรูปร่างมาก่อนเข้ามาในระบบ อย่างไรก็ตามสำหรับระบบตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติ ที่เป็นการนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมที่ถูกควบคุมไว้ อีกทั้งการที่รูปร่างของผลิตภัณฑ์และการวางตัวผลิตภัณฑ์ถูกกำหนดไว้ตายตัวอยู่แล้วทำให้เราสามารถใช้วิธีการธรรมดาๆ เช่น linear regression ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยมาก เพื่อใช้หาสมการของเส้นตรงก็ได้เช่นกัน

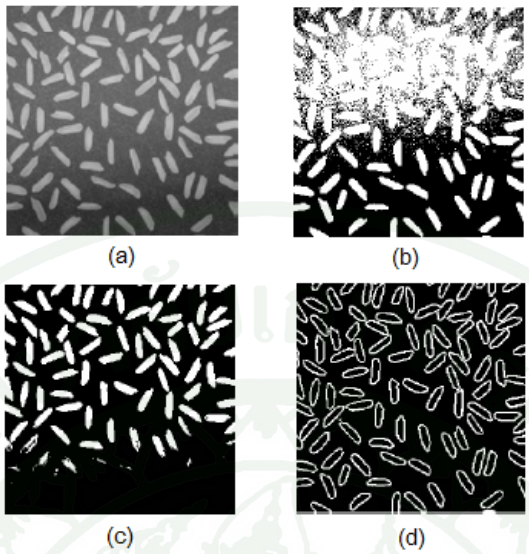
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแยกบริเวณ (Segmentation) กระบวนการนี้เป็นการแยกบริเวณของภาพที่มีลักษณะร่วมกันออกเป็นส่วนๆ ซึ่งมุ่งเน้นว่า จะใช้วิธีใดหรือเงื่อนไขใดในการแยกวัตถุที่สนใจออกจากฉากหลัง หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ จะใช้เงื่อนไขในการพิจารณาว่า พิกเซลที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น จัดเป็นของของวัตถุ (Objects) ใดที่อยู่ในภาพ หรือบริเวณใดที่จัดเป็นฉากหลัง (Background) นอกจากนั้น ยังต้องมีการคำนึงถึง การเก็บข้อมูลของวัตถุที่แยกออกมาให้ในรูปแบบใดจึงจะเหมาะสม สำหรับกระบวนการแยกภาพ นี้มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ

1. การแยกบริเวณโดยการใช้ค่า Threshold ค่า Threshold เป็นค่าที่เป็นจำนวนเต็มที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นเดียวกับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ในภาพ Gray scale สำหรับการแยกบริเวณโดยใช้ค่า Threshold นั้น จะเป็นการแปลงภาพ Gray scale ให้เปลี่ยนเป็นภาพที่มีเพียงสองระดับ (binary image) โดยการใช้เงื่อนไขว่าถ้าค่าความเข้มแสงที่พิกเซลตำแหน่งใดต่ำกว่าค่า Threshold ให้ค่าพิกเซลในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเปลี่ยนเป็นด้านมืดไป และถ้าพิกเซลใดมีค่าสูงกว่าค่า Threshold แล้วให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็นค่า 255 หรือเปลี่ยนเป็นด้านสว่างไป ซึ่งการแยกบริเวณด้วย Threshold นี้ยังสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ การใช้ Threshold ค่าเดียวกับทั้งภาพ เรียกว่า Global threshold และการแบ่งออกเป็นภาพย่อยที่มีขนาดเล็กๆ ซึ่งแต่ละภาพย่อยก็จะมีค่า Threshold เป็นของตัวเอง หรือเรียกว่า Local Threshold ซึ่งจากการทำงานทั้งสองแบบจะมีคำถามเกิดขึ้นว่า เราจะใช้วิธีใดในการเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสมทั้งภาพ หรือภาพย่อยนั้นๆ และเนื่องจากการแยกบริเวณโดยใช้ค่า Threshold นั้น ผลที่ได้คือ บริเวณพื้นที่ที่มีค่าความเข้มแสงใกล้เคียงกัน จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่า Area based segmentation

2. การแยกบริเวณโดยการใช้ขอบของวัตถุ (Edge based segmentation) สำหรับการแบ่งบริเวณวิธีนี้ จะต้องคำนวณหาขอบของวัตถุเสียก่อน ซึ่งขอบในความหมายของการประมวลผลภาพแบบดิจิตอลนั้นคือ พิกเซลที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเกินค่าที่กำหนดนั้นเอง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถตรวจจับได้โดยการใช้ตัวตรวจจับขอบ(Edge detector) ที่มีอยู่หลากหลายชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 การแยกบริเวณทั้งสองวิธี

(a) รูป Gray scale ดั้งเดิม

(b) Binary image โดยการใช้ค่า Threshold เท่ากับ 100

(c) Binary image โดยการใช้ค่า Threshold เท่ากับ 153

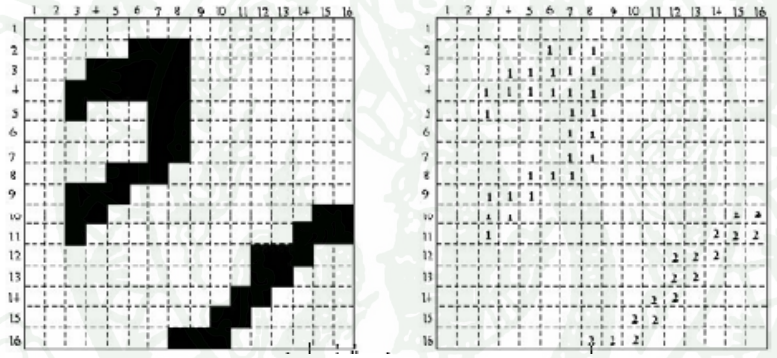
(d) Binary image ที่เกิดจากการใช้ตัวตรวจจับขอบแบบ Sobel และใช้ค่า Threshold เท่ากับ 153

ที่มา:เกริกพงษ์, 2548

การใช้ค่า Threshold ค่าเดียวกับทั้งภาพ (Global Thresholding) เพื่อแยกเม็ดข้าวออกจากฉาก หลังนั้น จะพบว่าไม่ว่าจะเลือกใช้ค่า Threshold เท่าใด เม็ดข้าวบางเม็ดก็จะหายไปจาก binary image ทั้งนี้เนื่องจากแสงในภาพ Gray scale นั้น มีการกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความสว่างของแต่ละบริเวณภายในภาพไม่เท่ากัน และในทางกลับกัน การแยกขอบของเม็ดข้าวโดยการใช้ตัวตรวจจับขอบแบบ Sobel นั้นเราจะได้ขอบเม็ดของเม็ดข้าวทุกเม็ด แม้ว่า การใช้ค่า Threshold ค่าเดียวกับทั้งภาพ (Global Thresholding) เพื่อแบ่งวัตถุในภาพออกเป็นส่วนๆนั้น จะให้ผลที่ไม่ดีเท่ากับวิธีการแบ่งวัตถุในภาพโดยการใช้ตัวตรวจจับขอบ อย่างไรก็ตามจะพบว่า วิธีนี้จะเหมาะสมกับ การนำไปใช้เพื่อการตรวจสอบผลิตภัณฑ์มากกว่า เนื่องจากได้ตัดขั้นตอนการตรวจจับขอบ (Edge detection) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องเสียเวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก และผลที่ได้จากวิธีแรกนั้นสามารถนำไปคำนวณหาคุณสมบัติพื้นฐาน เช่น พื้นที่หรือจุดศูนย์กลางของบริเวณ ได้อย่างสะดวกมากกว่าด้วย นอกจากนั้น ในการทำงานจริงๆ นั้น เราสามารถจัดแสงให้มีความสำเสมอมากกว่านี้ เพื่อขจัดปัญหา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกิดขึ้นกับการใช้วิธี Global Threshold ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การตรวจจับขอบก็เป็นวิธีการที่ต้องเรียนรู้ควบคู่ไปด้วยเช่นกัน เนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้ในสภาพแบบเปิดที่มีความแตกต่างระหว่างวัตถุและฉากหลังไม่สม่ำเสมอ เช่น ระบบการมองเห็นของมนุษย์เตะบอลหรือหุ่นยนต์กู้ภัยได้ ผลที่ได้จากกระบวนการข้างต้นคือ บริเวณของภาพที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ซึ่งทำให้เกิดการแยกบริเวณที่เป็นวัตถุ (Object) ออกจากบริเวณที่เป็นฉากหลัง (Background) ด้วย ซึ่งผลที่ได้จริงๆทางกายภาพคือ ภาพที่มีความเข้มแสงเพียง 2 ระดับ (Binary image) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละอย่างว่าส่วนที่จัดเป็นวัตถุนั้นจะเป็นสีดำหรือสีขาว และขั้นตอนต่อไปนั้น เราจะทำการพิจารณาว่าพิกเซลใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อ (Connect) กัน เพื่อที่จะจัดให้พิกเซลเหล่านั้นให้อยู่ในบริเวณหรือวัตถุเดียวกัน กระบวนการย่อยนี้เรียกว่า Connected component labeling หรือ Connected component extraction ผลที่ได้จากการทำงานของกระบวนการย่อยนี้ คือ จะทำให้เรารู้ว่าพิกเซลในแต่ละตำแหน่งนั้น จัดเป็นของวัตถุชิ้นใด



(a) (b)

ภาพที่ 10 การทำงานของกระบวนการย่อยที่ชื่อว่า Connect Components Labeling หรือ Connected Components Extraction

(a) ภาพ Binary image ที่ได้จากวิธี Global Thresholding ซึ่งในที่นี้เป็นการพิจารณาวัตถุสีดำที่มีพื้นหลังเป็นสีขาว

(b) ผลที่ได้จากการทำงานของ Connected Component Labeling ที่ทำให้เราทราบว่า พิกเซลในแต่ละตำแหน่งนั้นเป็นของวัตถุใด ซึ่งในรูปนั้นจะมีวัตถุอยู่ 2 ชิ้นด้วยกัน คือวัตถุหมายเลข 1 และ 2

ที่มา:เกริกพงษ์, 2548

หลังจากที่เราทราบว่าพิกเซลแต่ละตำแหน่งเป็นของวัตถุใดแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญต่อมาคือ เราจะต้องทำการเก็บพิกัดของพิกเซลที่จัดอยู่ในบริเวณหรือวัตถุเดียวกันเหล่านี้ได้อย่างไร มีประเด็นที่จะต้องพิจารณาอยู่ 2 เรื่องด้วยกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซล ซึ่งจัดเป็นการบีบอัดข้อมูล (Data compression) แบบหนึ่ง ที่จะต้องเลือกใช้วิธีที่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซลมีหลายแบบด้วยกัน เช่น Chain code, Run-length encoding เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันออกไป

1.2 โครงสร้างของข้อมูล (Data structure) ส่วนนี้จะกล่าวถึงการเก็บข้อมูลที่ได้จากหัวข้อก่อนหน้าเข้าด้วยกัน เพื่อความสะดวกในการอ้างถึง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโครงสร้างที่เลือกใช้ในภาษา C++ จะเป็น Linked List ที่มีลักษณะเป็นอาร์เรย์แบบเปิด ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ไม่จำกัด ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนพิกเซลที่จัดอยู่ในวัตถุเดียวกันนั้น เราไม่สามารถรู้จำนวนที่แน่นอนล่วงหน้าได้

การแยกบริเวณออกเป็นส่วนๆนั้น จะสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลักด้วยกัน คือ การเลือกแหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่นแสงใกล้เคียงกับความไว (Sensitivity) หรือความสามารถในการตอบสนองต่อแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ของตัวกล้อง อีกทั้งความเข้มแสงจะต้องไม่มากหรือน้อยจนเกินไป และต้องไม่ทำให้เกิดเงามืดของวัตถุขึ้นในภาพ นอกจากนั้น อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือ การจัดฉากหลัง (Background) ให้มีความเข้มแสงต่างกันมากๆ กับตัววัตถุที่พิจารณาเพื่อให้สามารถแยกส่วนที่เป็นวัตถุและส่วนที่เป็นฉากหลังออกจากกันโดยวิธี Global Thresholding ได้อย่างชัดเจน

การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction) หลังจากที่เราแยกบริเวณที่อยู่ในภาพออกเป็นส่วนๆ ที่แต่ละส่วนมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน และทำการจัดเก็บพิกัดของพิกเซลที่เป็นของบริเวณเดียวกันโดยเลือกใช้รูปแบบการเก็บที่เหมาะสมแล้ว เราจะทำการคำนวณหาหรือวัดคุณสมบัติต่างๆของแต่ละบริเวณหรือของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในรูป ซึ่งในทางปฏิบัติ การคำนวณหาคุณสมบัติบางประการนั้น สามารถทำไปพร้อมๆกันกับกระบวนการ Connected Components Labeling ได้เลย เช่น การคำนวณหาพื้นที่ ซึ่งเป็นเพียงการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นของบริเวณหรือวัตถุนั้นๆ หรือการหาเส้นขอบวงของวัตถุที่เป็นการนับจำนวนพิกเซลของวัตถุที่มีด้านใดด้านหนึ่งติดอยู่กับบริเวณที่เป็นฉากหลัง แต่คุณสมบัติ บางประการก็จะต้องทำหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนดังกล่าวไปแล้ว เพื่อให้ทราบพื้นที่ทั้งหมดของวัตถุเสียก่อน เช่น การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ หรือการหาเฉดสีเฉลี่ย (Average hue)หรือความเข้มแสงเฉลี่ย (Average intensity) ของวัตถุทั้งชิ้น เป็นต้น และด้วยการที่บางบริเวณอาจมีค่าคุณสมบัติบางอย่างคล้ายคลึงกัน เช่น บริเวณทีเป็นสาลี่และบริเวณที่เป็นแอปเปิ้ลต่างก็มีขนาดและเส้นรอบรูปเท่าๆกัน หากเราต้องการนับจำนวนผลไม้แต่ละชนิดที่อยู่ในภาพ เราจำเป็นต้องใช้คุณสมบัติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อื่นๆมาพิจารณาร่วมด้วย เพื่อให้เห็นความแตกต่างของบริเวณที่เป็นผลไม้ทั้งสองชนิด ซึ่งหมายถึงเวลาที่โปรแกรมใช้คำนวณจะต้องเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องเลือกลักษณะเด่น (Salient features) เพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถใช้จำแนกผลไม้ออกจากกันได้อย่างชัดเจน แทนที่จะทำการวัดคุณสมบัติทุกอย่างของทุกบริเวณที่มีอยู่ในภาพ ทั้งนี้ก็เพื่อลดความสิ้นเปลืองดังกล่าว ผลที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ ค่าคุณสมบัติต่างๆของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพ ซึ่งถ้าหากนำมาจัดวางในรูปแบบเวคเตอร์ เราก็จะได้ Feature vector ซึ่งเป็นการแสดงค่าคุณสมบัติทั้งหมดที่วัดจากวัตถุนั้นๆที่อยู่ในรูปของเวคเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น วัตถุชิ้นที่หนึ่งมีพื้นที่เท่ากับ 120 พิกเซลและเส้นรอบวงยาว 50 พิกเซล และวัตถุชิ้นที่สองที่ปรากฏในภาพมีพื้นที่เท่ากับ 200 พิกเซลและเส้นรอบวงยาว 30 พิกเซล เราจะสามารถเขียน Feature vector ของวัตถุชิ้นแรก (Obj_1)และของวัตถุชิ้นที่สอง (Obj_2)ซึ่งเป็นเวคเตอร์ขนาด 2 มิติทั้งคู่ได้ดังนี้

$$Obj_1 = \begin{pmatrix} 120 \\ \\ 50 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$Obj_2 = \begin{pmatrix} 200 \\ \\ 30 \end{pmatrix} \quad (3)$$

เมื่อ

ตำแน่งแรก คือ พื้นที่ของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

ตำแหน่งที่สอง คือ ความยาวรอบรูปของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

การจำแนกวัตถุและการแปลความหมาย (Classification and Interpretation)

คำว่าวัตถุในที่นี้หมายถึง บริเวณของภาพที่มีความเข้มแสงค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นบริเวณๆหรือเป็นชิ้นๆ แยกออกจากพื้นหลังด้วยกระบวนการแยกบริเวณ (Segmentation) ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุที่ได้มาจากกระบวนการคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction) จะถูกนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของเวคเตอร์ซึ่งเรียกว่า Feature vector และเมื่อมาถึงขั้นตอนนี้ เรา จะสามารถแทนวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพด้วย Feature vector 1 เวคเตอร์ 1 วัตถุ ซึ่งการตัดสินใจต่างๆ ของระบบต่อจากนี้ไป จะกระทำโดยการพิจารณาค่าที่อยู่ใน Feature vector เหล่านี้เท่านั้น นอกจากนั้น ยังมีข้อสังเกตบางประการคือ เมื่อขั้นตอนก่อนหน้าเสร็จสิ้นลง โปรแกรมจะสามารถแยกวัตถุหรือบริเวณที่สนใจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ออกจากฉากหลัง และรู้เพียงคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุแต่ละชิ้นเท่านั้น แต่ไม่สามารถจะรู้ได้ว่า วัตถุชิ้นนั้นๆคืออะไร เช่น หากในภาพที่มีฉากที่มีฉากหลังเป็นสีดำ ซึ่งทำให้สามารถแบ่งแยกวัตถุออกจากฉากหลังได้อย่างชัดเจน และมีเพียงส้มและกล้วยอย่างละลูกอยู่ในภาพ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature extraction) ลง โปรแกรมก็จะได้ Feature vector ของบริเวณที่เป็นกล้วยและส้มอย่างละเวคเตอร์เท่านั้น แต่โปรแกรมจะไม่สามารถระบุได้ว่าเวคเตอร์ใดหรือนัยหนึ่งคือวัตถุใด เป็นผลไม้ชนิดใดกันแน่ แต่ด้วยกระบวนการจำแนกวัตถุ (Classification) นี้เองที่จะทำให้โปรแกรมสามารถ จำแนกได้ว่า บริเวณแต่ละบริเวณนั้นจัดเป็นผลไม้ชนิดใด

การจำแนก (Classification) คือ กระบวนการจัดกลุ่มให้วัตถุที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น ว่าเป็นวัตถุที่อยู่ในกลุ่มที่ 1, 2 หรือกลุ่มอื่นๆ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัดหรือการคำนวณซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุอย่างที่อยู่ในแต่ละกลุ่ม ดังนั้น ก่อนที่ระบบจะสามารถทำการตัดสินใจดังกล่าวได้ ระบบจะต้องมีตัวอย่างของวัตถุในแต่ละกลุ่ม รวมทั้งหมายเลขกลุ่มหรือชื่อเรียกของแต่ละกลุ่มเสียก่อน สำหรับการตัดสินใจว่า จากคุณสมบัติของวัตถุที่กำลังพิจารณาเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่างที่อยู่ในแต่ละกลุ่มนั้น วัตถุที่กำลังพิจารณาจะจัดอยู่กลุ่มใด โปรแกรมหรือส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่ดังกล่าวรียกว่า Classifier ซึ่งหากพิจารณาการเข้าออกของข้อมูลนั้น ตัว Classifier จะรับ Feature vector เข้าไปและให้หมายเลขหรือชื่อกลุ่มที่วัตถุที่กำลังพิจารณานั้นๆ จัดว่าเป็นสมาชิกอยู่ออกมา

กลไกเคลื่อนไหว (Actuation)

กระบวนการนี้โปรแกรมจะสั่งการส่วนกลไกลเคลื่อนไหวต่างๆ ให้กระทำการบางอย่างกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการก่อนหน้าข้างต้น เช่น การสั่งให้สานพานเลื่อนชิ้นงานชิ้นต่อไปเข้ามา หรือการสั่งให้แขนหุ่นยนต์ทำการหยิบจับชิ้นงานที่ผ่านตรวจสอบแล้วไปวางไว้ในที่ๆจัดไว้ เป็นต้น นอกจากนั้นในบางกรณี อาจจะมีสั่งให้ตัวกล้องเคลื่อนที่ไปยังส่วนอื่นๆ ของชิ้นงานที่กำลังพิจารณาอยู่อีกด้วย ซึ่งในส่วนนี้งานหลักๆ จะเป็นการติดต่อและสั่งงานระหว่างอุปกรณ์ประมวลผลและ Programmable Logic Control ที่สามารถใช้สั่งการส่วนเคลื่อนไหวต่างๆ เช่น มอเตอร์ แขนหุ่นยนต์ หรืออื่นๆ ได้อย่างง่ายดาย ตัวอย่างการทำงานส่วนกลไกต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของอุปกรณ์ประมวลผลที่รับภาพของผลิตภัณฑ์เข้ามานั้นแสดงไว้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 11 การทำงานจริงที่ประกอบด้วยกลไกต่างๆ

ที่มา:http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=14321&section=9

เมื่อพิจารณาการทำงานของแต่ละกระบวนการแล้ว จะพบว่า เมื่อเสร็จแต่ละขบวนการลงข้อมูลที่ได้จากแต่ละขบวนการจะมีความหนาแน่นของข้อมูลมากขึ้นเรื่อยๆ พร้อมๆกับขนาดของข้อมูลที่เล็กลงเรื่อยๆ ตามลำดับของกระบวนการที่เพิ่มขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลภาพเบื้องต้น (Pre-processing) ก็คือ ภาพที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพแล้ว ซึ่งเมื่อส่งข้อมูลดังกล่าวต่อไปที่กระบวนการแยกบริเวณ (Segmentation) ผลที่ได้คือ บริเวณของวัตถุที่สนใจโดยจะละฉากหลังไว้ นอกจากนั้น แต่ละบริเวณก็มีการบีบอัดพิกัดของพิกเซลไว้ในรูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อส่งต่อไปให้กระบวนการคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature Extraction) ก็จะได้ Feature vector ซึ่งเป็นคุณสมบัติของแต่ละบริเวณออกมา และท้ายที่สุด เมื่อส่งเวคเตอร์เหล่านี้ไปให้กระบวนการจำแนกและตีความหมาย (Classification and Interpretation) ก็จะได้ข้อมูลที่สำคัญที่สุดออกมา คือ การตัดสินใจว่าจะจัดการกับตัวผลิตภัณฑ์อย่างไร เช่น จัดเป็นชิ้นงานดี – ชิ้นงานเสีย หรือจัดเป็นเกรด 1 เกรด 2 เป็นต้น

จากลักษณะการทำงานของกระบวนการย่อย ในแต่ละขบวนการของระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัตินั้น จะเห็นว่าระบบไม่ได้มุ่งเน้นที่การประมวลภาพแบบดิจิตอล (Digital Image Processing, DIP) แต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากว่าการที่จะทำให้ระบบดังกล่าว สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องอาศัยความรู้จากหลายๆสาขาด้วยกัน เช่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- การประมวลภาพแบบดิจิตอล(Digital Image Processing, DIP)

- ระบบจำแนก(Classification system) ทีทำให้โปรแกรมสามรถตัดสินใจได้อย่างชาญลาด

- ความรู้เรื่อง Programmable graphics ซึ่งจะนำมาใช้ทั้งในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้และส่วนที่ทำการตรวจสอบชิ้นงาน

- การติดต่อกับ Programmable Logic Control เพื่อสั่งงานส่วนเคลื่อนไหวต่างเหล่านี้เป็นต้น

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกล้องดิจิตอล กล้องดิจิตอลมีลักษณะเหมือนกล้องถ่ายรูปธรรมดาทั่วไป คือใช้ในการถ่ายภาพ แต่กล้องดิจิตอลมีคุณลักษณะพิเศษคือไม่ต้องใช้ฟิล์ม ดังนั้นจึงไม่ต้องล้างและอัด บันทึกเก็บข้อมูลภาพที่ถ่ายในหน่วยความจำ แล้วจึงนำตัวกล้องนำมาพ่วงต่อกับคอมพิวเตอร์ก็สมารถจัดเก็บรูปภาพเหล่านั้นเป็นไฟล์รูปภาพได้ นอกจากนั้นสามารถนำรูปภาพที่ได้จากกล้องดิจิตอลไปตกแต่งให้สวยงามได้ ด้วยโปรแกรมตกแต่งภาพต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Photoshop, CorelDraw ตลอดจนโปรแกรมต่างๆ ที่แถมมากับกล้อง

1. ประเภทของกล้องดิจิตอลหากนำมาเปลี่ยนเทียบตามลักษณะการใช้งาน จะได้ออกมา 3 ประเภท ดังนี้

1.1 กล้องถ่ายภาพดิจิตอลระดับต่ำ หรือกล้องถ่ายภาพดิจิตอลสำหรับบุคคลทั่วไป เป็นกล้องที่ใช้งานง่าย ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งค่าใดๆกล้องถ่ายภาพดิจิตอลประเภทนี้มักมีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง มีระบบการทำงานอัตโนมัติและตายตัว แต่ความละเอียดของภาพที่ได้น้อยมาก สามารถแสดงเป็นภาพถ่ายขนดเพียงประมาณ 4x6 นิ้ว ซึ่งความละเอียดของภาพเหมาะที่จะใช้ใน เว็บเพจ(Webpage) หรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น

1.2 กล้องถ่ายภายดิจิตอลระดับปานกลาง หรือ กล้องดิจิตอลสำหรับช่างภาพสมัครเล่น ลักษณะตัวกล้องยังคงมีลักษณะของกล้องถ่ายภาพประเภทแรก แต่มีระดับการทำงานบางอย่างที่สามารถเลือกปรับได้และที่สำคัญมีความละเอียด สูงขึ้น คือ อยู่ในระดับมากกว่า 1,000,000 Pixels ซึ่งสามารถแสดงเป็นภาพถ่ายขนาด 8x10 นิ้วได้ พอเพียงต่อการนำภาพไปใช้งานต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 กล้องถ่ายภาพดิจิตอลระดับสูงหรือกล้องถ่ายภาพสำหรับมืออาชีพ ลักษณะกล้องถ่ายภาพ SLR มีการทำงานเช่นเดียวกับกล้องถ่ายภาพธรรมดาประเภท SLR ทั่วไปที่สามรถเลือกปรับตั้งการทำงานได้เองทุกอย่าง รวมทั้งสามรถถอดเปลี่ยนเลนส์ได้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะกล้องประเภทนี้สร้างขึ้นจากการนำกล้องถ่ายภาพธรรมดาแบบ SLR มาดัดแปลงเพิ่มเติมโดยประกอบฝาหลังดิจิตอลเข้าไปกล้องประเภทนี้จะมีความละเอียดสูงมาก คือ มากกว่า 2,000,000 Pixels ขึ้นไป แต่ราคากล้องก็สูงมากเช่นเดียวกัน

2. หลักการทำงานของกล้องดิจิตอล เมื่อทำการถ่ายภาพที่ถ่ายจะตกบน CCD (Charge Coupled Device) ซึ่งอุปกรณ์รับภาพที่ประกอบด้วยเซลล์ไวแสงจำนวนมาก และเซลล์เหล่านี้จะทำหน้าที่แปลงภาพซึ่งเป็นสัญญาณ Analog ไปเป็นสัญญาณ Digital โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ATD (Analog to Digital converter)จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบความคมชัดของภาพและทำการบีบอัดเพื่อลดพื้นที่ในการจัดเก็บ ก่อนจะส่งไปเก็บที่หน่วยความจำของกล้อง ดังนั้นยิ่งกล้องมีเซลล์ใน CCD (Charge Coupled Device) มากเท่าไร ภาพที่ได้ก็จะยิ่งมีความละเอียดมากขึ้นเท่านั้น

3. CCD (charge Coupled Device) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อแสงหรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อิมเมจเซ็นเซอร์ และมีความสำคัญเกี่ยวกับความละเอียดของภาพที่ได้จากการถ่ายรูปด้วยกล้องดิจิตอล เนื่องจากยิ่ง CCD มีพื้นที่ในการรับภาพมากกว่าเท่าไร ความละเอียดของภาพที่ได้ก็จะสูงมากขึ้นเท่านั้น แต่ในขณะเดียวกันราคาของกล้องก็จะสูงขึ้นเช่นกัน กล้องดิจิตอลส่วนใหญ่จะมี CCD เพียง 1 ตัวและใช้ฟิลเตอร์เพื่อกรองแสง ซึ่งแตกต่างจากกล้องวิดีโอดิจิตอลที่มี CCD ถึง 3 ตัวเพื่อทำหน้าที่รับแสงให้ครบทั้ง 3สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB)

4. การจัดเก็บภาพของกล้องดิจิตอล ภายในกล้องดิจิตอลจะประกอบส่วนที่เรียกว่า CCD array ซึ่งประกอบด้วยตัวเซ็นเซอร์นับล้านตัวในส่วนที่ทำหน้าที่เก็บความสว่างของสี (แดง, เขียว, น้ำเงิน) ข้อมูลเกี่ยวกับความสว่างจะถูกอ่านเข้ามาประมวลผลครั้งละ 1 แถวโดยไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ แอนาลอกเป็นดิจิตอลแลจะทำการเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลความสว่างเป็นระดับแรงดันไฟฟ้า แตกต่างกันไปตามระดับความสว่างของแสง กล้องดิจิตอลแบบเก่าจะทำการเก็บข้อมูลรูปภาพ ลงในหน่วยความจำหรือ Memory Chip ที่บรรจุอยู่ในตัวกล้อง ซึ่งหากหน่วยความจำเต็มจะทำให้ไม่สามารถที่จะบันทึกภาพได้อีก ดังนั้นจึงต้องลบภาพที่ไม่จำเป็นออกหรือทำการถ่ายโอนภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อล้างหน่วยความจำ แต่สำหรับกล้องดิจิตอลรุ่นใหม่สามรถเก็บรูปภาพไว้ในหน่วยความจำที่เรียกว่า Flash Memory ซึ่งเป็น RAM หรือหน่วยความจำชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ RAM ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป และสามรถจัดเก็บรูปภาพได้หลายรูปมากกว่าด้วยความจำของตัวกล้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนั้นยังสามารถเปลี่ยนหน่วยความจำแบบ Flash นี้ได้เมื่อเก็บภาพจนเต็มแล้ว เพราะหน่วยความจำชนิดนี้สามารถถอดออกจากตัวกล้องได้

Balaban.M et al.(1994) ได้เสนอวิธีการวัดขนาดน้ำหนังกุ้ง โดยใช้กล้องรับสัญญาณภาพและหาขนาดกุ้งจากภาพ ใช้สีของกุ้งที่อยู่กุ้งที่อยู่ในแต่ละ Pixel มาหาพื้นที่เทียบกับน้ำหนักกุ้ง จากการทดลองพื้นที่ภาพกุ้งมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักกุ้ง กุ้งทั้งตัว $R^2 = 0.96$ กุ้งหักหัว $R^2 = 0.97$ กุ้งปลอกเปลือกมีหาง $R^2 = 0.97$ กุ้งปลอกเปลือกไม่มีหาง $R^2 = 0.98$

บัณฑิตและนิติพงษ์ (2549) ได้ใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพคัดแยกฝักมะขามหวาน ผลการทดลองปรากฏว่าตัวแปรกำหนดคุณลักษณะทางกายภาพ ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงกลมล้อมรอบฝัก (C) ของฝักตรงไม่เกิน 55% ฝักดาบอยู่ระหว่าง 57-65% และฝักโค้งมากกว่า 68% ปัจจัยควบคุมไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ (Probability>0.05) ต่อตัวแปรระบุรูปร่างขนาดและรอยแตก อุปกรณ์วัดสามารถคัดแยกฝักมะขามหวาน ตามรูปร่าง ขนาด และรอยแตก ได้ประสิทธิภาพการคัดขนาด อัตราส่วนสิ่งเจือปนเฉลี่ย และสมรรถนะเท่ากับ 89.9% 10.2% และ 1,517 ฝัก/ชั่วโมง และ 94.3% 5.7% และ 1,491 ฝัก/ชั่วโมง สำหรับมะขามหวานพันธ์สีทองและศรีชมพูตามลำดับ อุปกรณ์วัดตรวจจับรอยแตกที่มีขนาดมากกว่า 0.49 ตารางเซนติเมตรได้ 100%

บัณฑิตและคณะ (2549) ได้เปรียบเทียบเทคนิคการหาพื้นที่ผิวไม้ 3 วิธี คือ ก) การใช้เครื่องวัดพื้นที่ (Planimeter) ข) การใช้เครื่องสแกนภาพ และ ค) การใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) วิธีการศึกษาประกอบด้วยการสอบเทียบพื้นที่อ้างอิง กับการหาพื้นที่ดังกล่าว โดยใช้ผลไม้ 3 ชนิด (กล้วยน้ำว้า ส้มเขียวหวาน และส้มโอ) การวิเคราะห์ประเมินผลของแต่ละวิธี โดยเปรียบเทียบระยะเวลาทำงานและความผิดพลาดในการคำนวณหาพื้นที่ผลการทดสอบพบว่า พื้นที่ผิวที่หาโดยวิธีการใช้เทคนิคประมวลผลภาพ กับการสอบเทียบกับพื้นที่สี่เหลี่ยมอ้างอิงขนาด 9, 25, 100, 225 และ 400 ตารางเซนติเมตร มีความผิดพลาดเท่ากับ 1.76% และเวลาที่ได้เร็วกว่ากว่าวิธีการใช้เครื่องสแกน และ 9, 25, 100, 225 และ 400 ตารางเซตติเมตร มีความผิดพลาดเท่ากับ 1.76 % และเวลาที่ได้เร็วกว่าการใช้เครื่องวัดพื้นที่มีค่าเป็น 9.3 และ 13.5 เท่า ตามลำดับ

ศุทธิวัตและสุรชาติ (2549) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ Image Processing fโดยการใช้โปรแกรม Matlab ออกแบบโปรแกรมให้สามารถตรวจนับผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งโปรแกรมนี้จะใช้สีเป็นตัวแบ่งแยกระหว่างใบกับผล โปรแกรมจะมีการติดต่อกับผู้ใช้ในลักษณะของ GUI Graphic User Interface โดยให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ใช้เลือกผลไม้ที่ต้องการทำการนับโดยการเลือก จากนั้นโปรแกรมจะทำการหาบริเวณในภาพที่มีสีใกล้เคียงกับที่ผู้ใช้เลือกและทำการแยกออกมาจากพื้นหลัง แล้วจึงทำการนับ จากการทดสอบโปรแกรมภาพที่นำมาทดสอบโปรแกรมจะมีความแม่นยำในการนับสูงคือ ภาพที่เห็นลักษณะของวัตถุที่ต้องการนับชัดเจน อาทิ ภาพที่มีขนาดของวัตถุที่ใหญ่และเห็นชัดเจน ใบไม้มาบดบังน้อย แสงสว่างมากพอ ทำให้การทำการทดสอบโปรแกรมง่ายต่อการนับมากขึ้น ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของภาพชนิดนี้จะอยู่ระหว่าง 2-5% ถือว่ามีความแม่นยำในระดับที่พอใช้ภาพที่นำมาทดสอบทดสอบโปรแกรมที่มีความแม่นยำรองลงมาคือ ภาพที่มีลักษะการถ่ายภาพแบบเต็มต้นโดยที่เห็นตัวผลไม้ชัดเจนและแสงสว่างมีการกระจายสม่ำเสมอ จะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 16-18 % ภาพที่นำมาทดสอบทีมีลักษณะทีมีการถ่ายในลักษณะใกล้และมีระดับการกระจายแสงสว่างที่สม่ำเสมอจะมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 18-49%

วัชรินทร์และสาธิต (2550) ได้พัฒนาการประมวลผลรูปภาพ ซึ่งใช้ในการระบุยานพาหนะโดยระบุที่ป้ายทะเบียน ขั้นแรกจะใช้เทคนิคที่เหมาะสมคือการทำให้ภาพถ่ายของป้ายทะเบียนรถที่ดีขึ้นและง่าย เพื่อง่ายต่อการนำภาพไปเข้าสู่ส่วนของ Neural Network เพื่อดึงตัวเลขของป้ายทะเบียนมาแปลเป็น text file ซึ่งโปรแกรมสามารถระบุหมายเลขทะเบียนรถได้อย่างถูกต้องมากกว่า 50 %

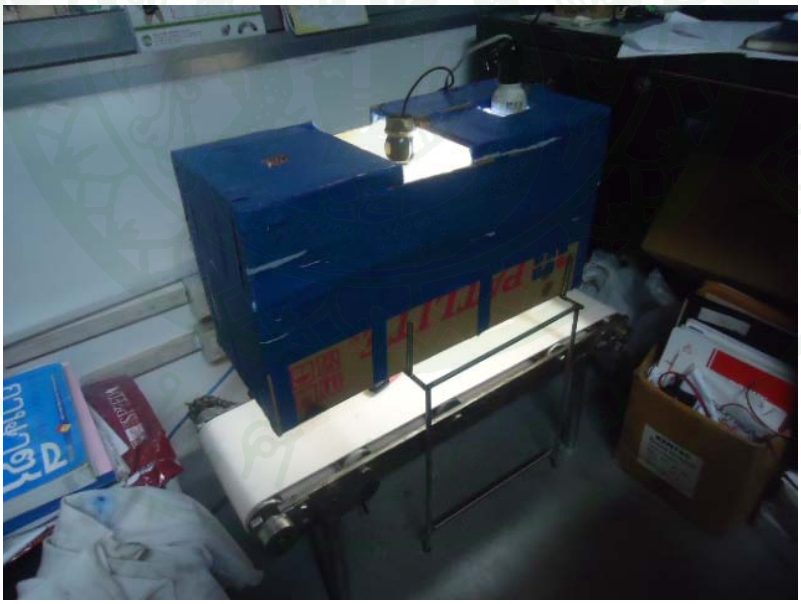
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การวิจัยนี้เป็นการหาขนาดกุ้งด้วยการประมวลผลภาพ ซึ่งมีอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ยี่ห้อ Dell รุ่น OPTILEX 890
2. กล้อง Webcam ขนาด 13 ล้านพิกเซล
3. สายพาน ความยาว 60 เซนติเมตร ความกว้าง 20 เซนติเมตร ตัวสายพานสามารถปรับความเร็วได้ และกล้องติดตั้งห่างจากสายพานให้เห็นกุ้งทั้งตัวได้ ในการทดลองนี้ ได้ตั้งกล้องสูงจากสายพาน 25 เซนติเมตร



ภาพที่ 12 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

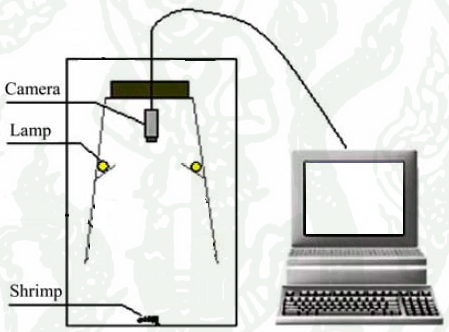
ในภาพที่ 12 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยสายพานที่สามารถปรับความเร็วได้ 0 – 0.57 เมตร/วินาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

ในส่วนของการดำเนินงานในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของการวัดขนาดด้วยการประมวลผลภาพ สันติและคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาและพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการวัดขนาดกุ้ง คือ ความเข้มแสง ตำแหน่งของวัตถุ พื้นผิวสำหรับวางวัตถุ จากข้อมูลนี้ผู้วิจัยได้นำมาออกแบบการทำงานของโปรแกรมดังนี้

ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวัดขนาดกุ้งนั้น ผู้วิจัยได้เลือกกุ้งซูชิสำหรับการทดลอง เนื่องจากในอุตสาหกรรมกุ้ง การคัดขนาดในปัจจุบันใช้แรงงานในการคัด และการคัดขนาดยังช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า ซึ่งการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการคัดขนาดกุ้งซูชินั้นมีส่วนที่ต้องศึกษาดังนี้



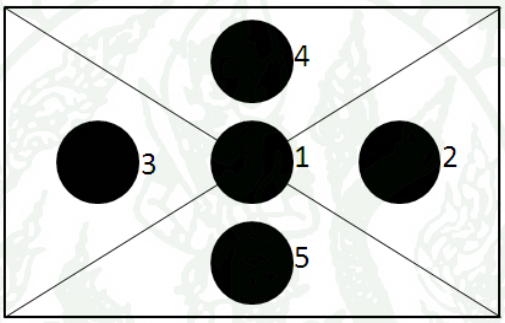
ภาพที่ 13 การวัดขนาดกุ้งด้วยการประมวลผลภาพ

ที่มา: สันติและคณะ , 2553

สันติและคณะ (2553) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและความสูงของกล้องที่ห่างกับวัตถุ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข็มของแสงและความสูงของกล้อง โดยจะทดลองที่ความสูง 4 ระดับคือ 18, 20, 22, 24 ซม. แต่ละความสูงจะทำการทดลองที่ความเข็มแสง 2 ระดับ การวางแผนการทดลอง ผู้วิจัยได้ศึกษาขนาดกุ้งซูชิที่มีอยู่ ขนาดของกุ้งซูชิที่ได้จะมีขนาดตั้งแต่ 50 – 90 มม. จึงได้ออกแบบให้วัตถุมาตรฐานที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 20 -100 มม. เพื่อให้ครอบคลุมขนาดกุ้งที่ต้องการหาความเข้มของแสงที่ใช้ในการทดลองโดยกำหนดความเข้มแสงมาก 3,480 Lux ความเข้มแสงน้อย 32 Lux จะใช้แสงสว่างภายในห้องที่ใช้ทดลองและมีการควบคุมแสงให้มีความสม่ำเสมอ ความสัมพันธ์ความเข้มแสงและความสูงของกล้องกับวัตถุ จากการศึกษาที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่าที่ความเข้มแสงมากจะให้ค่าผิดพลาดในการวัดน้อยที่สุด และผลของความสูงของกล้องในการทดลอง ความสูงมากไม่สามารถหาขนาดที่มีขนาดเล็กได้ ในการวัดขนาดที่ความสูงต่างๆ ที่ความสูง 18 เซนติเมตร จะให้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งภาพที่ได้จะมีความคมชัดและความเข้มแสงมากจะช่วยลดเงาและการรบกวนจากแสงภายนอก ทำให้ภาพที่ได้ง่ายต่อการหาขอบภาพ (Edge image) ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เปลี่ยนกล้องที่ใช้ทดลองที่มีความคมชัดขึ้น จึงได้เปลี่ยนความสูงของกล้องเป็น 25 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่ศึกษาแล้วว่าเหมาะสมที่สุด และ ตำแหน่งของวัตถุ สันติและคณะ (2553) ได้ศึกษาการหาผลกระทบของตำแหน่งของวัตถุที่ต้องการวัดว่ามีผลต่อการวัดขนาดที่ตำแหน่งต่างๆหรือไม่ ในภาพที่ 14 เป็นตำแหน่งของวัตถุที่ใช้ในการทดลอง มี 5 ตำแหน่ง



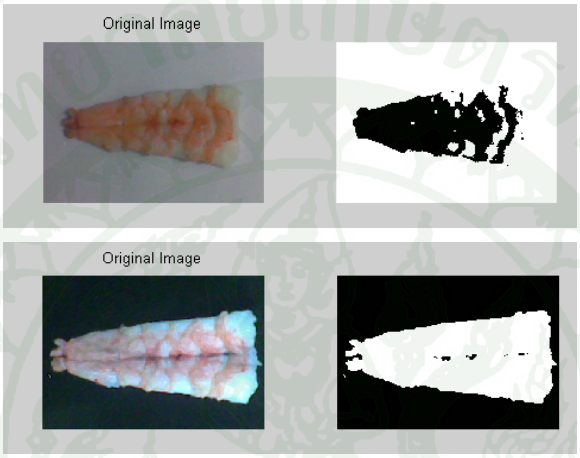
ภาพที่ 14 ตำแหน่งของวัตถุในการทดลอง

ตำแหน่งของวัตถุที่เหมาะสมในการหาขนาดคือตำแหน่งศูนย์กลางของภาพ การออกแบบต้องเลือกจับเฉพาะวัตถุที่ต้องการหาขนาดในตำแหน่งศูนย์กลางภาพจะช่วยลดการรบกวนจากสภาพแวดล้อมจากภายนอก เช่น ความสม่ำเสมอของแสง ซึ่งในการทดลองให้ค่าผิดพลาดไม่เกิน $\pm$ 0.3 มม.

พื้นผิวสำหรับวางตัวกุ้ง สันติและคณะ (2553) ศึกษาผลของสีของพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการใช้วัดขนาดกุ้ง ในการทดลองจะใช้กุ้งวางลงบนพื้นสีขาวและพื้นสีดำ เพื่อมาเปรียบเทียบกัน พื้นผิวสำหรับวางตัวกุ้ง การเลือกพื้นผิววางกุ้งก็เพื่อให้ได้ภาพของกุ้งที่มีความขมชัด เนื่องจากตัวเนื้อกุ้งมีสีขาวจึงเลือกพื้นผิวที่มีสีเข็ม เช่น สีดำ หรือน้ำเงิน ภาพที่ได้จากการบันทึกในครั้งแรก (Origin Image) จะเป็นภาพสี RGB Color Image ซึ่งจะต้อง เปลี่ยนภาพให้อยู่โหมดขาวดำ (Gray Image) จะทำให้ง่ายต่อการหาขอบภาพ (Edge Image) การเลือกสีของพื้นที่วางกุ้ง ผู้วิจัยได้เลือกใช้สีที่แตกต่างกับสีของกุ้งมากที่สุด โดยเลือกใช้สีดำเพราะสีของเนื้อกุ้งมีสีขาวปนแดง จะทำให้ภาพของตัวกุ้งชัดเจน ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 15 จะเห็นว่าภาพที่ผิวสีดำให้ภาพกุ้งที่มีความคมชัดกว่าพื้นผิวสีขาว แต่ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะใช้สายพานที่เป็นสีขาวเพื่อให้สามารถตรวจสอบความสะอาดของสายพานได้ง่าย ดั้งนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้สายพานสีขาว จึงต้องควบคุมแสงให้มีความส่องสว่างเพียงพอเพื่อให้ภาพที่ได้มีความคมชัด จึงใช้กล่องคลุมสายพานในตำแหน่งของการจุบภาพ ดังภาพที่ 12 และ 13 วิธีการนี้ทำให้แสงจากภายของไม่รบกวนภาพกุ้งซูชิที่ต้องการวัดขนาด

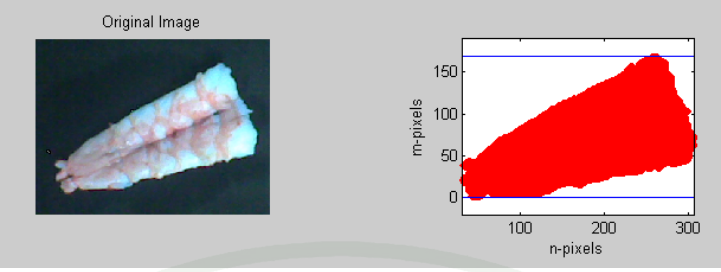


ภาพที่ 15 แสดงความแตกต่างของภาพกุ้ง

ในบางครั้งภาพ (Original Image) ที่ได้จากการบันทึก นั้น อาจจะมีส่วนของวัตถุที่ไม่ต้องการปรากฏอยู่ในภาพ เช่น เศษเนื้อกุ้ง เศษเปลือกหรือจะเป็นแสงจากภายนอกที่ส่องเข้ามารบกวนวัตถุที่ต้องการวัดขนาด ทำให้การประมวลผลภาพไม่ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องกำจัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก โดยใช้ฟังชั่น bwareaopen ใน Matlab จะเป็นการลบค่า Pixel ของภาพที่เป็นส่วนเกินออก

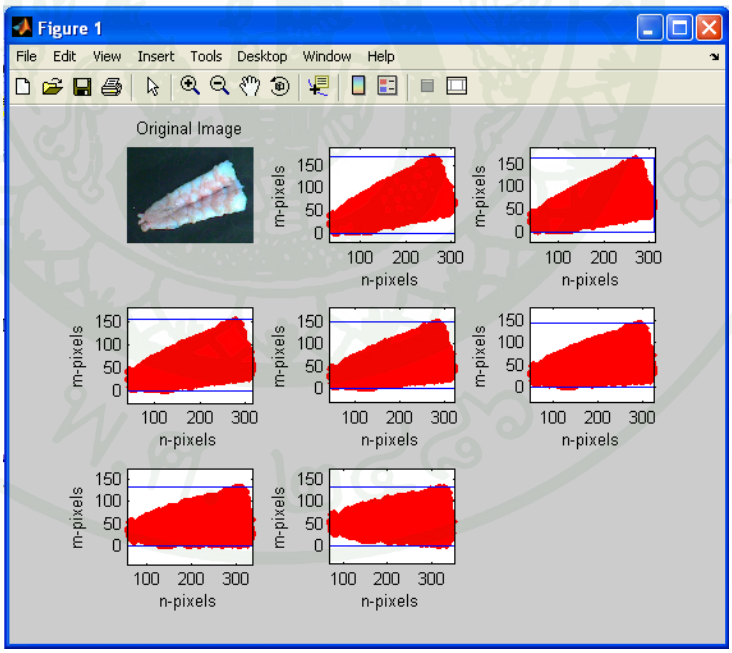
ในทางปฏิบัติตำแหน่งของกุ้งซูชิที่วางบนสายพานจะมีผลต่อการวัดขนาดอย่างมาก ดังภาพที่ 18 เป็นผลการทดลองหาความสัมพันธ์การวางกุ้งในทิศทางที่ขนาดกับแกน x ในภาพที่ 16 กุ้งที่วางไม่ขนานกับแกน x ภาพที่วัดขนาดได้ด้วยโปรแกรมจะคำนวณความยาวได้น้อยกว่าความเป็นจริง ผลของมุมจะทำให้ความยาวกุ้งเปลี่ยนแปลง ในการแก้ไขปัญหานี้จำเป็นต้องออกแบบโปรแกรมให้สามารถหาความยาวกุ้งที่ถูกต้องได้ในทุกตำแหน่งในการวางกุ้ง คือไม่ว่าจะว่างกุ้งหมุนในทิศทางใดโปรแกรมสามารถหาความยาวได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



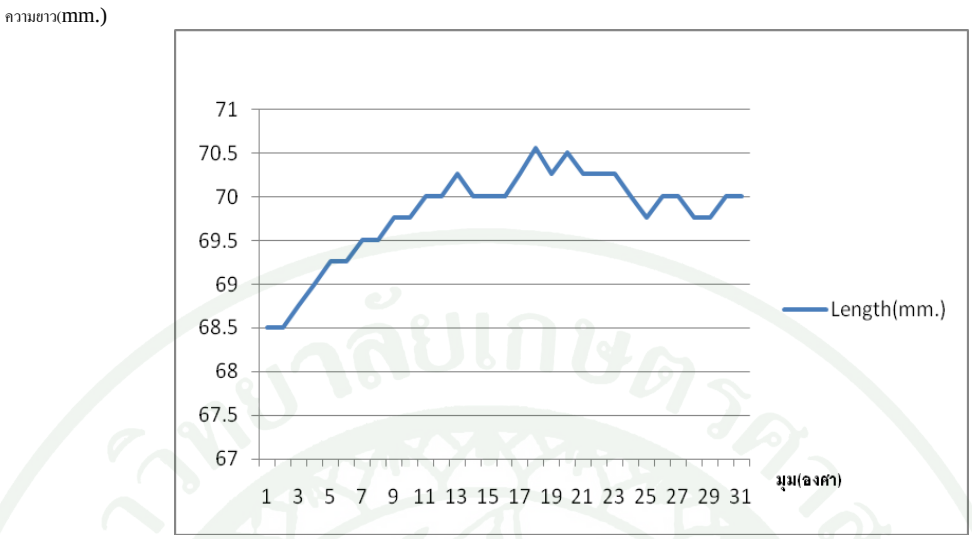
ภาพที่ 16 แสดงกุ้งที่วางไม่ขนานในแนวแกน x

การหาความยาวกุ้ง สันติและคณะ (2553) ออกแบบให้โปรแกรมทำงานด้วยการหมุนภาพที่ต้องการด้วยฟังชั่น imrotate หมุนภาพครั้งละ 2 องศา และหาความยาวที่มากที่สุดผลปรากฏว่าการหาความยาวกุ้งด้วยการหมุนภาพสามารถหาขนาดกุ้งได้อย่างถูกต้อง ในภาพที่ 17 เป็นการทดลองหาขนาดกุ้งซูชิ กุ้งจะถูกวางลง โปรแกรมจะหาระยะของภาพในแนวแกน y และแนวแกน x ค่าที่ได้จะเป็นค่าพิกเซล (Pixel) ค่าที่ตำแหน่งแกน x ก็คือความยาวตังกุ้งที่จะต้องถูกแปลงหน่วยเป็นมิลลิเมตร



ภาพที่ 17 แสดงการหาความยาวของโปรแกรมด้วยการหมุนภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

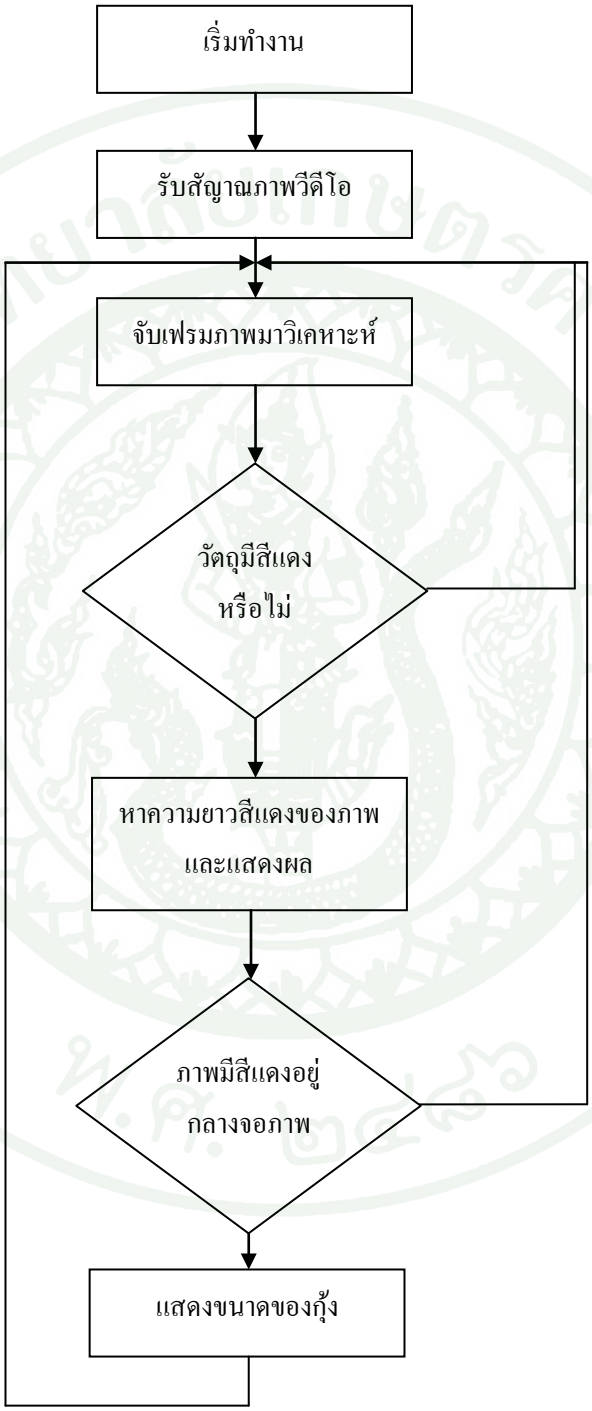


ภาพที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกุ้งและมุมการวางกุ้ง

ในภาพที่ 18 เป็นผลการทดลองวางกุ้งในตำแหน่งต่างๆ ความยาวกุ้งที่ใช้คือความยาวกุ้งขนาด 70.5 มม. เมื่อทิศทางของกุ้งเปลี่ยน จะทำให้ค่าที่ได้จากการวัดขนาดกุ้งเปลี่ยนไป จากภาพจะเห็นว่าจะมีค่าความยาวมากที่สุดเป็นค่าความยาวกุ้งที่ถูกต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการออกแบบการทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 19 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

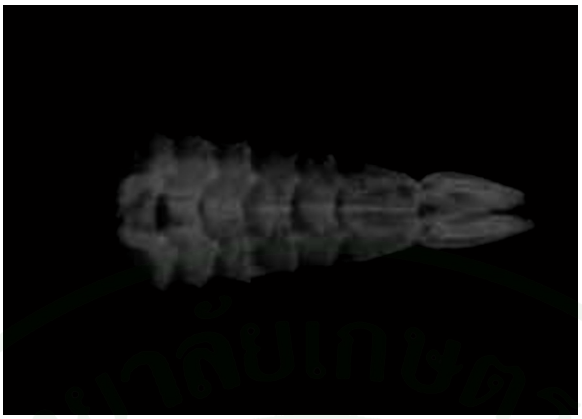
ในขั้นตอนการทำงานของโปแกรมนั้น จากภาพที่ 19 ข้อมูลภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่ได้จากกล้องวีดีโอ ภาพที่ได้จากกล้องวีดิโอนั้นจะเป็นเมตริกซ์แบบสามมิติของภาพชุดต่อเนื่อง โดยแต่ละภาพประกอบไปด้วยย่านความเข้มของสีจำนวนสามสี ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ที่บรรจุในเมตริกซ์สองมิติซึ่งมีค่าเป็นจำนวนจริง โปรแกรมจะนำเฟรมภาพแต่ละเฟรมภาพมาวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งโครงสร้างของโปรแกรมที่ออกแบบไปด้วยการทำงานดังนี้

การตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวที่นิยมใช้กันคือการนำข้อมูลเฟรมภาพที่ได้จากไฟล์วีดีโอมาลบกับภาพพื้นหลังที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน คือ เมื่อภาพพื้นหลังมีการเปลี่ยนแปลง เช่น สายพาน เป็นต้น ดังนั้นในการออกแบบการตรวจจับวัตถุในงานวิจัยนี้ได้ใช้คุณสมบัติของกุ้งซูชิที่บริเวณผิวจะมีสีแดงมาเป็นส่วนในการตรวจจับดังภาพที่ 20 ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบโปรแกรมให้จับภาพวัตถุที่เป็นสีแดงด้วยคำสั่ง im = imsubtract(data(:,:,1), rgb2gray(data)); โดยผลของคำสั่งจะทำการลบภาพที่มีโทนสีเหลืองและเขียวออกให้เหลือเพียงโทนสีแดง ดังแสดงในภาพที่ 21 จากภาพของกุ้งซูชิที่ลบส่วนเกินออก จะเห็นว่าภาพของกุ้งซูชิที่ปรากฏจะมีเฉพาะส่วนที่เป็นสีแดงนั้นก็คือส่วนที่เราทำการ Tracking สีแดงที่อยู่บนตัวกุ้ง เมื่อภาพมีการเคลื่อนที่โปรแกรมก็จะเก็บเฟรมภาพถัดไปมาหาวัตถุสีแดงนั้นก็คือตัวกุ้งต่อไป โดยในเฟรมภาพแต่ละเฟรม โปรแกรมจะทำการหาขนาดความยาวของวัตถุสีแดงที่อยู่ในภาพเฟรมนั้นออกมา

หลังจากที่ได้ภาพที่เป็นภาพเทาที่มีส่วนของสีแดง โปรแกรมจะแปลงภาพที่ได้ที่เป็นสีเทาให้เป็นภาพ Binary image ดังภาพที่ 22 ภาพที่ได้จะเป็นภาพวัตถุสีขาวบนพื้นสีดำ

ภาพที่ 20 กุ้งซูชิที่แสดงผิวกุ้งเป็นสีแดง RGB scale

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



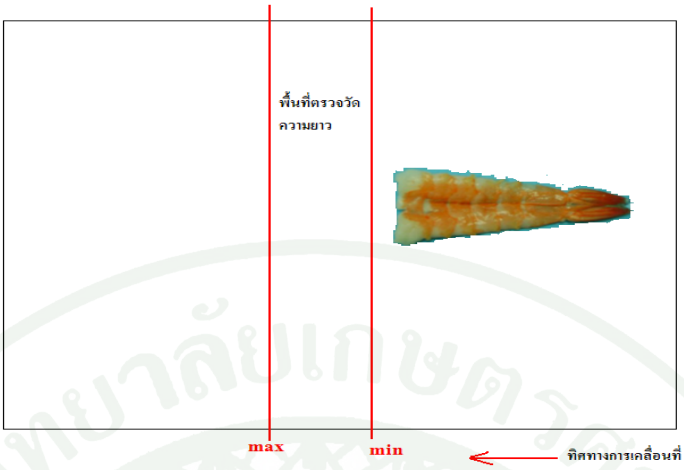
ภาพที่ 21 ภาพกุ้งซูชิที่เป็นสีแดง

ภาพที่ 22 ภาพกุ้งซูชิที่ลบส่วนเกินออกและแปลงเป็นภาพ Binary image

เมื่อได้ภาพที่เป็นขาวดำ ภาพยังคงมีความแปรปรวนจึงจำเป็นต้องลดการแปรปรวนที่อยู่ให้น้อยลง ในทางปฏิบัติภาพที่ได้บางครั้งยังมีสิ่งเจือปนและการรบกวนของแสงมากับภาพ เช่น สายพานที่ใช้งานมีความสกปรก หรือมีเศษของกุ้งติดบนสายพาน

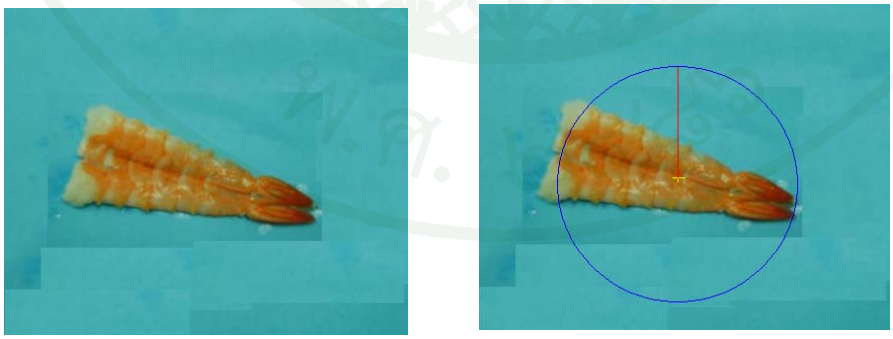
เนื่องจากการวัดขนาดของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ เราจำเป็นต้องเลือกตำแหน่งของวัตถุที่ให้ค่าความแม่นยำที่สุดในการวัด สันติและคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาผลของตำแหน่งของวัตถุที่มีผลต่อการวัดขนาดด้วยการประมวลผลภาพ ผลการศึกษาสรุปได้ว่าตำแหน่งของวัตถุที่ศูนย์กลางของกล้องและตั้งฉากกับวัตถุจะให้ค่าความแม่นยำที่สุด ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมจึงได้เลือกช่วงการวัดขนาดที่ใกล้เคียงศูนย์กลางของกล้องมากที่สุด ดังในภาพที่ 23 เมื่อตัวกุ้งที่วางบนสายพานเคลื่อนที่เข้ามาในขอบเขตที่โปรแกรมตรวจสอบ โปรแกรมจะจับภาพที่ตำแหน่งที่โปรแกรมกำหนดมาประมวลผลเพื่อทำการแสดงค่าความยาวของตัวกุ้งและขนาดของกุ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 แสดงการวัดความยาวกุ้งซูชิในตำแหน่งศูนย์กลางของภาพ

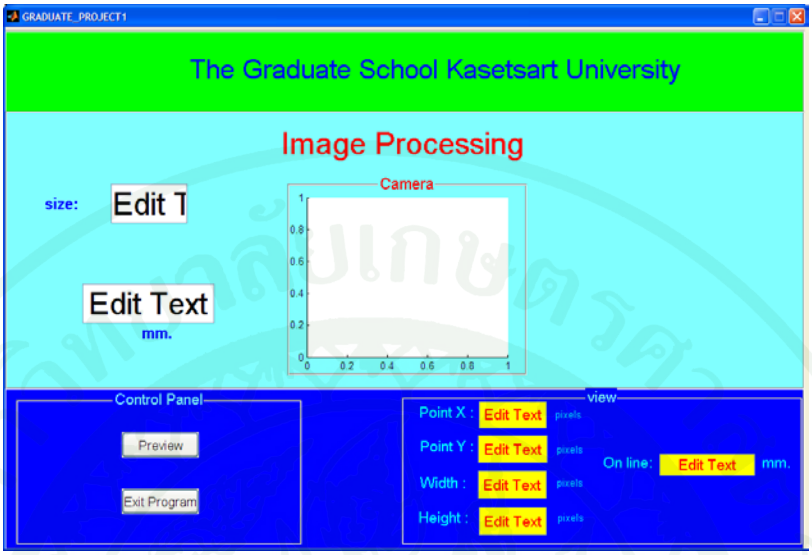
ในทางปฏิบัติจากลักษณะการใช้งานจริง กุ้งที่วางบนสายพานจะไม่ได้วางขนานกับแกน X ของจอภาพทุกตัว ทำให้การวัดเกิดข้อผิดพลาดได้ สันติและคณะ (2553) ได้ใช้วิธีการหมุนภาพครั้งละ 2 องศาเพื่อการความยาวที่ถูกต้องที่สุด ซึ่งวิธีนี้จะทำให้โปรแกรมใช้เวลาในการประมวลผลนาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการวัดความยาวของภาพด้วยการสร้างวงกลมรอบๆวัตถุที่ต้องการวัดขนาด ในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการหาขอบภาพที่แนวแกน x และ y ที่แนวแกน x โปรแกรมจะทำการหาขอบภาพที่ x_{max} และ x_{min} ที่แนวแกน y โปรแกรมจะทำการหาขอบภาพที่ y_{max} และ x_{min} เมื่อได้ตำแหน่งขอบภาพที่ต้องการแล้ว โปรแกรมจะกำหนดศูนย์กลางของภาพเพื่อสร้างภาพวงกลมจากข้อมูลของขอบภาพ



ภาพที่ 24 การหาขนาดความยาวกุ้ง

จากภาพที่ 24 โปรแกรมจะทำการหาจุดศูนย์กลางของภาพและจะสร้างรูปวงกลมบริเวณตัวกุ้งที่เป็นสีแดง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้จากวงกลมนี้จะแทนความยาวของตัวกุ้งที่เราต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 แสดงโปรแกรมวัดความยาวกุ้งซูชิ

โปรแกรมวัดความยาวกุ้งซูชิ เมื่อเปิดใช้งานลักษณะโปรแกรมจะแสดงดังภาพที่ 25 การเริ่มใช้งานสามารถทำได้โดยใช้เมาส์คลิกที่ปุ่ม Preview โปรแกรมจะเริ่มทำงานรับภาพและแสดงภาพวีดีโอในช่อง Camera ในช่อง mm. จะแสดงความยาวกุ้งซูชิที่วัดขนาดได้ ในช่อง size จะแสดงขนาดมาตรฐานของกุ้งซูชิที่วัดขนาดได้

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนี้ใช้สายพานที่มีสีขาวที่มีใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากสามารถตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมได้ง่าย การทำงานของสายพานจะเลื่อนตำแหน่งของกุ้งซูชิผ่านกล้อง โดยตั้งกล้องสูงจากสายพานให้สามารถมองเห็นกุ้งซูชิได้ทั้งตัว ความกว้างของจอภาพอยู่ที่ 130 mm.

ในการวัดขนาดกุ้งซูชิ ได้ใช้กุ้งซูชิที่บรรจุอยู่ในกล่องโฟม กล่องละ 30 ตัว ขนาดไซน์กุ้งซูชิที่ทำการวัดประกอบด้วย 60 – 65 มม. 65 -70 มม. และ 70 -75 มม. ความเร็วสายพานที่ใช้ในการทดลอง 0.1 0.2 และ 0.3 เมตร/วินาที ในการทดลองแรกจะทำการวัดกุ้งซูชิด้วยไม้บรรทัดและทำการเปรียบเทียบกับการวัดจากโรงงานเพื่อหาเปอร์เซ็นความแม่นยำ ในส่วนของการทดลองที่สองจะใช้โปรแกรมวัดขนาดกุ้งเปรียบเทียบกับการวัดด้วยแรงงานเพื่อหาเปอร์เซ็นความแม่นยำและหาเปอร์เซ็นความผิดพลาดในการวัดของโปรแกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย

สถานที่ใช้ทำการทดลอง บริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด (มหาชน) ระยะเวลาในการทำงาน 2 มกราคม 2555 – 6 มกราคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นได้นำมาทดสอบวัดขนาดความกุ้งซูชิที่อยู่บนสายพานระดับความเร็ว 0.1 0.2 และ 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้งที่ทดสอบมีขนาดดังนี้ 60 – 65 มม. 65 – 70 มม. และ 70 – 75 มม.

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองในการวัดขนาดกุ้งด้วยแรงงาน และโปรแกรม

ความเร็วสายพาน เมตร/วินาที	ขนาดกุ้ง มม.	% ความแม่นยำ		% ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยวัดด้วยโปรแกรม
		วัดด้วยแรงงาน	วัดด้วยโปรแกรม	
0.3	70-75	80	70	2.95
0.3	"	100	46	3.58
0.2	"	100	30	2.11
0.2	"	96	56	1.96
0.1	"	96	56.6	1.26
0.1	"	96	76.6	1.2
0.3	65-70	82	76.6	2.42
0.3	"	90	56.6	2.49
0.2	"	100	13.3	2.03
0.2	"	86	60	2.19
0.1	"	80	63.3	0.86
0.1	"	73.3	80	1.05
0.3	60-65	40	46.6	2.52
0.3	"	40	70	2.45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1(ต่อ)

ความเร็วสายพาน เมตร/วินาที	ขนาดกุ้ง มม.	% ความแม่นยำ วัดด้วยแรงงาน	% ความแม่นยำ วัดด้วยโปรแกรม	% ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยวัดด้วยโปรแกรม
0.2	"	43.3	83.3	2.1
0.2	"	40	53.3	2.12
0.1	"	43	66.6	1.09
0.1	"	46.6	76.6	1.29

ตารางที่ 2 แสดงผลค่าสัมประสิทธิ์ในการวัดขนาดกุ้งด้วยแรงงาน และโปรแกรม

ความเร็วสายพาน เมตร/วินาที	ขนาดกุ้ง มม.	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r	Sig.
0.3	70-75	0.468	0.09
0.3	"	0.714	0
0.2	"	0.794	0
0.2	"	0.829	0
0.1	"	0.940	0
0.1	"	0.923	0
0.3	65-70	0.730	0
0.3	"	0.805	0
0.2	"	0.850	0
0.2	"	0.802	0
0.1	"	0.961	0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2(ต่อ)

ความเร็วสายพาน เมตร/วินาที	ขนาดกุ้ง มม.	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r	Sig.
0.1	"	0.962	0
0.3	60-65	0.873	0
0.3	"	0.868	0
0.2	"	0.830	0
0.2	"	0.929	0
0.1	"	0.970	0
0.1	"	0.962	0

จากการทดลองวัดขนาดกุ้งที่ความเร็วสายพานต่างๆ ในตารางที่ 1 ความเร็วของสายพานมีผลต่อการวัดขนาดกุ้ง ที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ให้ค่าความแม่นยำที่สุดผลของการทดลองมีเปอร์เซ็นค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 1.20 – 1.29% การเปรียบเทียบการวัดด้วยโปรแกรมกับแรงงานพบว่าเปอร์เซ็นค่าความแม่นยำไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากการวัดด้วยโปรแกรมไม่สามารถแบ่งชั้นการแบ่งขนาดที่เป็นสองขนาดได้เช่น เมื่อโปรแกรมวัดขนาดกุ้งวัดกุ้งได้ความยาวกุ้ง 69.95 มม. โปรแกรมจะแสดงผลขนาดเป็น 65มม. แต่การวัดด้วยแรงงานนั้น คนแต่ละคนตัดสินใจเลือกขนาดได้ทั้ง 65 มม. และ 70 มม. โดยจะเห็นว่าในกล่องที่บรรจุกุ้งจะมีกุ้งที่มีขนาดอื่นปนมากับกล่อง แต่โปรแกรมไม่สามารถทำเช่นนั้นได้ โปรแกรมจะให้การคัดขนาดที่ชัดเจนและถูกต้องกว่าการคัดด้วยแรงงานในตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธสหสัมพันธ์ระหว่างการวัดขนาดด้วยแรงงานและโปรแกรมที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที มีความสัมพันธ์มากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการทดสอบโปรแกรมวัดขนาดความยาวกุ้งซูชิ ความเร็วของสายพาน 0.10 เมตร/วินาที มีความความผิดพลาดในการวัดขนาดกุ้ง 1.29% ความเร็วของสายพาน 0.20 เมตร/วินาที มีความผิดพลาดในการวัดขนาดกุ้ง 2.19% และความเร็วของสายพาน 0.30 เมตร/วินาที มีความผิดพลาดในการวัด 3.58%

จากการสุ่มตรวจผลิตภัณฑ์บรรจุกุ้งที่คัดขนาดด้วยแรงงานจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าที่ขนาด 60-65 มม. ขนาดตัวกุ้งที่อยู่ในกล่องซึ่งใช้แรงงานคัดขนาดแล้วบรรจุลงกล่อง กล่องละ 30 ตัว การคัดขนาดด้วยแรงงานในโรงงานอุตสาหกรรมมีค่าความแม่นยำ 43 % ที่ขนาด 65-70 มม. พบว่าขนาดตัวกุ้งที่อยู่ในกล่องมีค่าความแม่นยำ 80 % และที่ขนาด 75-80 มม. พบว่าขนาดตัวกุ้งที่อยู่ในกล่องมีค่าความแม่นยำ 86 % ในตารางภาคผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างการวัดด้วยแรงงานและโปรแกรม ค่า Sig < 0.05 แสดงให้เห็นว่าความเร็วของสายพาน 0.1 0.2 และ 0.3 เมตร/วินาที ค่าความผิดพลาดของโปรแกรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควรมีการปรับปรุงและพัฒนาดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการใช้งานควรมีการสอบเทียบกับวัตถุมาตรฐานก่อนและโปรแกรมควรจะมีความสามารถในการสอบเทียบตัวเองกับวัตถุมาตรฐานนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและทวนสอบการทำงานของโปรแกรม

2. โปรแกรมควรมีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลในการวัดแต่ละตัว เพื่อใช้ในการประมวลผลหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม

3. โปรแกรมควรมีความยืดหยุ่นให้ผู้ใช้งานง่ายและสะดวกในการใช้งาน เช่น สามารถบอกชื่อผลิตภัณฑ์ วันที่ผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกริกพงษ์ เกียรติพานิชกิจ. 2548. Introduction to Machine **Vision**. แหล่งที่มา http://www.geocities.ws/k_kirkpong/chapter01.pdf

บัณฑิต จริโมภาส, ณัฐกรณ์ ชื่นขำ , ศุภมาศ ปั้นปัญญา. 2459. **การเปรียบเทียบวิธีการวัดหาพื้นที่ผิวผลไม้**. วารสารวิทยาศารสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฉบับที่37:5(พิเศษ)หน้า260-263.

บัณฑิต จริโมภาส และนิติพงษ์ ใจสิน. 2549. **เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพคัดแยกฝักมะขามหวาน**. วารสารวิทยาศารสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฉบับที่37:5(พิเศษ)หน้า280-283.

วัชรินทร์ คุณาธิปพงษ์, สาธิต ลีสิริกุล. 2550.**โปรแกรมอ่านป้ายทะเบียนรถ**, รายงายโครงการหมายเลข COE2006-17 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศุทธิวัต ปฤภาณวัฒน์, สุรชาติ พัววิสุทธิ์. 2549. **ระบบนับจำนวนผลผลิตของผลไม้บนต้นโดยใช้เทคนิคการประมวลผลดิจิตอล.** รายงานโครงการหมายเลข EE 2006-30 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สันติ สุขเจริญ, วิชา หมั่นทำการ, ศิวลักษณ ปฏวีรัตน์ และ อมรฤทธ์ พุทธิพิพัฒน์ขจร. 2553. **ปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของการวัดขนาดกุ้งซูชิด้วยการประมวลผลภาพ**, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553

สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย . 2555. **สถานการณ์การผลิตกุ้งของไทย** .แหล่งที่มา http://www.thai-frozen.or.th/seafood_maket_report01.php

Balalan,M. O.,Yeralan,S.,and Bergmann Y.1994. **Determination of count and uniformit shrimp by machine vision**. Journal of Aquatic Food Technology 3(3):43-58

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ตารางผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	%
1	71	75	72.6526	75	ถูก	ถูก	2.33
2	76	80	72.6526	75	ผิด	ถูก	4.40
3	76	80	74.0057	75	ผิด	ผิด	2.62
4	75	75	76.0416	80	ถูก	ผิด	1.39
5	75	75	69.2169	70	ถูก	ผิด	7.71
6	75	75	71.4776	75	ถูก	ถูก	4.70
7	74	75	73.2189	75	ถูก	ถูก	1.06
8	75	75	74.5181	75	ถูก	ถูก	0.64
9	75	75	70.5886	75	ถูก	ถูก	5.88
10	75	75	71.7578	75	ถูก	ถูก	4.32
11	70	75	72.1765	75	ถูก	ถูก	3.11
12	76	80	74.6243	75	ผิด	ผิด	1.81
13	74	75	79.4636	80	ถูก	ผิด	7.38
14	72	75	70.2974	75	ถูก	ถูก	2.36
15	71	75	72.6526	75	ถูก	ถูก	2.33
16	73	75	74.8775	75	ถูก	ถูก	2.57
17	73	75	75.6088	80	ถูก	ผิด	3.57
18	75	75	73.1834	75	ถูก	ถูก	2.42
19	71	75	72.6526	75	ถูก	ถูก	2.33
20	71	75	72.3384	75	ถูก	ถูก	1.89
21	75	75	71.6263	75	ถูก	ถูก	4.50
22	70	75	71.6173	75	ถูก	ถูก	2.31
23	70	75	70.8183	75	ถูก	ถูก	1.17
24	75	75	73.4051	75	ถูก	ถูก	2.13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	75	69.0647	70	ถูก	ผิด	1.34
26	70	75	70.7839	75	ถูก	ผิด	1.12
27	71	75	72.6526	75	ถูก	ถูก	2.33
28	78	80	81.2375	85	ผิด	ผิด	4.15
29	75	75	74.1197	75	ถูก	ถูก	1.17
30	75	75	72.4556	75	ถูก	ถูก	3.39

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 - 75 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	73.4000	30	2.34300	0.42777
	โปรแกรม	73.0595	30	2.61842	0.47806

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.468	0.009

Paired Samples Test

Pair	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
แรงงาน - โปรแกรม	0.3405	2.57047	0.46930	-0.6194	1.3003	0.725	29	0.474

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	75	71.7701	75	ถูก	ถูก	2.53
2	72	75	75.8526	75	ถูก	ถูก	5.35
3	70	75	73.6300	75	ถูก	ถูก	5.19
4	75	75	77.6561	80	ถูก	ผิด	3.54
5	72	75	75.8525	80	ถูก	ผิด	5.35
6	75	75	76.6188	80	ถูก	ผิด	2.16
7	72	75	74.8525	75	ถูก	ถูก	3.96
8	74	75	76.4750	75	ถูก	ถูก	3.34
9	73	75	75.4699	75	ถูก	ถูก	3.38
10	72	75	73.5255	75	ถูก	ถูก	2.12
11	72	75	75.7984	80	ถูก	ผิด	5.28
12	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
13	72	75	75.8525	80	ถูก	ผิด	5.35
14	72	75	73.6601	75	ถูก	ถูก	2.31
15	73	75	71.6971	75	ถูก	ถูก	1.78
16	72	75	70.2527	75	ถูก	ถูก	2.43
17	72	75	74.8525	75	ถูก	ถูก	3.96
18	71	75	72.5634	75	ถูก	ถูก	2.20
19	71	75	72.6353	75	ถูก	ถูก	2.30
20	75	75	79.9295	80	ถูก	ผิด	6.57
21	75	75	75.9635	80	ถูก	ผิด	1.28
22	72	75	76.8525	80	ถูก	ผิด	6.74
23	75	75	77.0735	80	ถูก	ผิด	2.76
24	70	75	72.3105	75	ถูก	ถูก	3.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	75	75	77.9705	80	ถูก	ผิด	3.96
26	75	75	76.7754	80	ถูก	ผิด	2.37
27	75	75	76.2020	80	ถูก	ผิด	1.60
28	74	75	76.8525	80	ถูก	ผิด	3.85
29	72	75	75.8525	80	ถูก	ผิด	5.35
30	72	75	75.8525	80	ถูก	ผิด	5.35

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	72.8333	30	1.70361	0.31104
	โปรแกรม	75.2342	30	2.16703	0.39382

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.714	0.000

Paired Samples Test

Pair	Paired Differences					t	df	Sig.
แรงงาน - โปรแกรม	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			(2-tailed)
	-2.400	1.52017	0.27754	-2.9685	-1.833	-8.65	29	0.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
2	75	75	75.9671	80	ถูก	ผิด	1.29
3	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
4	75	75	77.6561	80	ถูก	ผิด	3.54
5	75	75	76.0758	80	ถูก	ผิด	1.43
6	75	75	76.6188	80	ถูก	ผิด	2.16
7	73	75	73.4100	75	ถูก	ถูก	0.56
8	74	75	76.4750	80	ถูก	ผิด	3.34
9	73	75	75.4699	75	ถูก	ถูก	3.38
10	72	75	73.5255	75	ถูก	ถูก	2.12
11	72	75	74.7984	75	ถูก	ถูก	3.83
12	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
13	75	75	74.6531	75	ถูก	ถูก	0.46
14	72	75	71.6601	75	ถูก	ถูก	0.47
15	73	75	71.6971	75	ถูก	ถูก	1.78
16	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
17	75	75	75.2898	75	ถูก	ถูก	0.39
18	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
19	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
20	75	75	79.9295	80	ถูก	ผิด	6.57
21	75	75	75.9635	80	ถูก	ผิด	1.28
22	71	75	71.5735	75	ถูก	ถูก	0.81
23	75	75	77.0735	80	ถูก	ผิด	2.76
24	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ 5(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	%
25	75	75	77.9705	80	ถูก	ผิด	3.96
26	75	75	76.7754	80	ถูก	ผิด	2.37
27	75	75	76.2020	80	ถูก	ผิด	1.60
28	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
29	72	75	73.8525	75	ถูก	ถูก	2.57
30	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	74.2333	30	1.27802	0.23333
	โปรแกรม	75.6670	30	1.86479	0.34046

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.794	0.000

Paired Samples Test

Pair	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	95% Confidence Upper			
แรงงาน - โปรแกรม	-1.433	1.15063	0.21008	-1.8633	-1.004	-6.82	29	0.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	75	71.4936	75	ถูก	ถูก	2.13
2	72	75	72.9444	75	ถูก	ถูก	1.31
3	75	75	76.5981	80	ถูก	ผิด	2.13
4	75	75	76.0416	80	ถูก	ผิด	1.39
5	70	75	69.0069	70	ถูก	ผิด	1.42
6	71	75	72.4976	75	ถูก	ถูก	2.11
7	74	75	71.2989	75	ถูก	ถูก	3.65
8	75	75	76.5981	80	ถูก	ผิด	2.13
9	70	75	71.9986	75	ถูก	ถูก	2.86
10	75	75	71.7578	75	ถูก	ถูก	4.32
11	75	75	75.9181	80	ถูก	ผิด	1.22
12	75	75	75.9243	80	ถูก	ผิด	1.23
13	74	75	74.9636	75	ถูก	ถูก	1.30
14	75	75	76.0981	80	ถูก	ผิด	1.46
15	75	75	76.6813	80	ถูก	ผิด	2.24
16	73	75	74.8775	75	ถูก	ถูก	2.57
17	75	75	76.6088	80	ถูก	ผิด	2.15
18	75	75	73.1834	75	ถูก	ถูก	2.42
19	75	75	74.5181	75	ถูก	ถูก	0.64
20	71	75	72.3384	75	ถูก	ถูก	1.89
21	71	75	72.6963	75	ถูก	ถูก	2.39
22	70	75	71.6173	75	ถูก	ถูก	2.31
23	75	75	75.9181	80	ถูก	ผิด	1.22
24	75	75	73.0051	75	ถูก	ถูก	2.66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	75	69.0647	70	ถูก	ผิด	1.34
26	75	75	76.5981	80	ถูก	ผิด	2.13
27	71	75	72.6526	75	ถูก	ถูก	2.33
28	80	80	81.2375	85	ผิด	ผิด	1.55
29	75	75	74.1997	75	ถูก	ถูก	1.07
30	73	75	72.0556	75	ถูก	ถูก	1.29

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	73.5000	30	2.38891	0.43615
	โปรแกรม	74.0131	30	2.63217	0.48057

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.829	0.000

Paired Samples Test

Pair	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
แรงงาน - โปรแกรม	-0.513	1.48654	0.27140	-1.0682	0.420	-1.89	29	0.069

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	75	71.0701	75	ถูก	ถูก	1.53
2	75	75	75.9671	80	ถูก	ผิด	1.29
3	75	75	75.2898	80	ถูก	ผิด	0.39
4	75	75	75.6561	80	ถูก	ผิด	0.87
5	75	75	76.0758	80	ถูก	ผิด	1.43
6	75	75	76.6188	80	ถูก	ผิด	2.16
7	73	75	73.4100	75	ถูก	ถูก	0.56
8	75	75	75.2898	80	ถูก	ผิด	0.39
9	73	75	74.4699	75	ถูก	ถูก	2.01
10	72	75	73.1255	75	ถูก	ถูก	1.56
11	75	75	75.2898	75	ถูก	ถูก	0.39
12	75	75	76.3748	80	ถูก	ผิด	1.83
13	75	75	74.6531	75	ถูก	ถูก	0.46
14	72	75	71.6601	75	ถูก	ถูก	0.47
15	73	75	71.6971	75	ถูก	ถูก	1.78
16	72	75	72.2527	75	ถูก	ถูก	0.35
17	75	75	75.2898	75	ถูก	ถูก	0.39
18	71	75	72.5634	75	ถูก	ถูก	2.20
19	71	75	72.6353	75	ถูก	ถูก	2.30
20	75	75	75.2898	75	ถูก	ถูก	0.39
21	75	75	75.9635	80	ถูก	ผิด	1.28
22	71	75	71.5735	75	ถูก	ถูก	0.81
23	75	75	77.0735	80	ถูก	ผิด	2.76
24	70	75	72.3105	75	ถูก	ถูก	3.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	75	75	75.9705	80	ถูก	ผิด	1.29
26	75	75	75.7754	80	ถูก	ผิด	1.03
27	75	75	76.2020	80	ถูก	ผิด	1.60
28	80	80	80.0598	80	ผิด	ผิด	0.07
29	72	75	72.8525	75	ถูก	ถูก	1.18
30	70	75	71.1488	75	ถูก	ถูก	1.64

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	73.6667	30	2.21800	0.40495
	โปรแกรม	74.4536	30	2.14766	0.39211

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.940	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-0.787	0.75803	0.13840	-1.0700	-0.503	-5.68	29	0.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	75	70.4336	70	ถูก	ผิด	0.62
2	72	75	72.4444	75	ถูก	ถูก	0.62
3	74	75	74.0057	75	ถูก	ถูก	0.01
4	75	75	76.0416	80	ถูก	ผิด	1.39
5	70	75	69.2169	70	ถูก	ผิด	1.12
6	71	75	71.4776	75	ถูก	ถูก	0.67
7	74	75	73.2189	75	ถูก	ถูก	1.06
8	75	75	74.5181	75	ถูก	ถูก	0.64
9	70	75	70.5886	75	ถูก	ถูก	0.84
10	71	75	71.7578	75	ถูก	ถูก	1.07
11	70	75	72.1765	75	ถูก	ถูก	3.11
12	75	75	74.6243	75	ถูก	ถูก	0.50
13	74	75	74.4636	75	ถูก	ถูก	0.63
14	70	75	70.2974	70	ถูก	ผิด	0.42
15	75	75	75.6813	75	ถูก	ถูก	0.91
16	73	75	74.8775	75	ถูก	ถูก	2.57
17	75	75	75.6088	75	ถูก	ถูก	0.81
18	75	75	73.1834	75	ถูก	ถูก	2.42
19	70	75	70.0068	70	ถูก	ผิด	0.01
20	71	75	72.3384	75	ถูก	ถูก	1.89
21	71	75	71.6263	75	ถูก	ถูก	0.88
22	70	75	71.6173	75	ถูก	ถูก	2.31
23	70	75	70.8183	75	ถูก	ถูก	1.17
24	75	75	73.4051	75	ถูก	ถูก	2.13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	75	69.0647	70	ถูก	ผิด	1.34
26	70	75	70.7839	75	ถูก	ถูก	1.12
27	71	75	72.6526	75	ถูก	ถูก	2.33
28	80	80	81.2375	85	ผิด	ผิด	1.55
29	75	75	74.1197	75	ถูก	ถูก	1.17
30	73	75	72.4556	75	ถูก	ถูก	0.75

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 70 – 75 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	72.5000	30	2.54274	0.46424
	โปรแกรม	72.8247	30	2.49784	0.45604

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.923	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-0.324	0.99288	0.18127	-0.6655	0.460	-1.79	29	0.084

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 – 70 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	67	70	65.4488	70	ถูก	ถูก	2.32
2	70	70	67.3282	70	ถูก	ถูก	3.82
3	70	70	69.1488	70	ถูก	ถูก	1.22
4	70	70	65.4488	70	ถูก	ถูก	6.50
5	70	70	68.1537	70	ถูก	ถูก	2.64
6	65	70	66.7898	70	ถูก	ถูก	2.75
7	70	70	68.5423	70	ถูก	ถูก	2.08
8	70	70	70.3125	70	ถูก	ถูก	0.45
9	73	75	75.1066	75	ผิด	ผิด	2.89
10	65	70	68.4787	70	ถูก	ถูก	5.35
11	68	70	69.6029	70	ถูก	ถูก	2.36
12	73	75	74.6265	75	ผิด	ผิด	2.23
13	65	70	66.4297	70	ถูก	ถูก	2.20
14	67	70	67.3813	70	ถูก	ถูก	0.57
15	70	70	71.1867	75	ถูก	ผิด	1.70
16	70	70	72.8363	75	ถูก	ผิด	4.05
17	70	70	67.4635	70	ถูก	ถูก	3.62
18	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
19	73	75	71.3479	75	ผิด	ผิด	2.26
20	69	70	67.7155	70	ถูก	ถูก	1.86
21	70	70	72.1089	75	ถูก	ผิด	3.01
22	75	75	72.6287	75	ผิด	ถูก	3.16
23	69	70	67.3813	70	ถูก	ถูก	2.35
24	69	70	68.3335	70	ถูก	ถูก	0.97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	70	69.9453	70	ถูก	ถูก	0.08
26	68	70	66.7928	70	ถูก	ถูก	1.78
27	70	70	67.5065	70	ถูก	ถูก	3.56
28	65	70	63.9950	70	ถูก	ถูก	1.55
29	68	70	66.9847	70	ถูก	ถูก	1.49
30	72	75	70.9490	75	ผิด	ถูก	1.46

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	69.3667	30	2.47028	0.45101
	โปรแกรม	69.0545	30	2.73667	0.49965

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.730	0.000

Paired Samples Test

Pair	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
แรงงาน - โปรแกรม	0.3122	1.92815	0.35203	-0.4078	1.0322	0.887	29	0.382

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 – 70 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	70	70.7194	75	ถูก	ผิด	1.03
2	70	70	72.0362	75	ถูก	ผิด	2.91
3	73	75	76.1557	80	ผิด	ผิด	4.32
4	68	70	65.8769	70	ผิด	ถูก	3.12
5	70	70	70.8642	75	ผิด	ผิด	1.23
6	65	70	67.4480	70	ผิด	ถูก	3.77
7	75	75	76.3400	80	ผิด	ผิด	1.79
8	71	75	69.9691	70	ผิด	ผิด	1.45
9	70	70	70.9284	75	ถูก	ผิด	1.33
10	71	75	70.3867	70	ผิด	ผิด	0.86
11	68	70	65.8769	70	ถูก	ถูก	3.12
12	68	70	65.1749	65	ถูก	ผิด	4.15
13	68	70	65.8469	70	ถูก	ถูก	3.17
14	70	70	71.1251	75	ถูก	ผิด	1.61
15	70	70	71.9601	75	ถูก	ผิด	2.80
16	70	70	68.4030	70	ถูก	ถูก	2.28
17	69	70	66.4949	70	ถูก	ถูก	3.63
18	70	70	68.7651	70	ถูก	ถูก	1.76
19	70	70	72.7683	75	ถูก	ผิด	3.95
20	68	70	66.8769	70	ถูก	ถูก	1.65
21	69	70	67.9544	70	ถูก	ถูก	1.52
22	65	70	66.9544	70	ถูก	ถูก	3.02
23	65	70	67.0332	70	ถูก	ถูก	3.13
24	68	70	65.0761	70	ถูก	ถูก	4.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ 13(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	70	71.1291	75	ถูก	ถูก	1.61
26	70	70	72.1472	75	ถูก	ถูก	3.07
27	69	70	70.5725	75	ถูก	ถูก	2.28
28	65	70	64.1851	65	ถูก	ผิด	1.25
29	68	70	65.8769	70	ถูก	ถูก	3.12
30	70	70	69.0547	70	ถูก	ถูก	1.35

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 – 70 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	69.1000	30	2.21826	0.40500
	โปรแกรม	69.1333	30	3.14222	0.57369

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.805	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-0.033	1.88880	0.3448	-0.7386	0.6719	-0.97	29	0.924

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 – 70 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	70	71.9901	75	ถูก	ผิด	2.84
2	70	70	71.4801	75	ถูก	ผิด	2.11
3	70	70	71.5601	75	ถูก	ผิด	2.23
4	70	70	71.2101	75	ถูก	ผิด	1.73
5	70	70	70.8642	75	ถูก	ผิด	1.23
6	70	70	71.9401	75	ถูก	ผิด	2.77
7	70	70	71.1601	75	ถูก	ผิด	1.66
8	70	70	71.2601	75	ถูก	ผิด	1.80
9	70	70	70.9284	75	ถูก	ผิด	1.33
10	70	70	71.0001	75	ถูก	ผิด	1.43
11	70	70	71.8601	75	ถูก	ผิด	2.66
12	70	70	69.7558	70	ถูก	ถูก	0.35
13	70	70	69.7569	70	ถูก	ถูก	0.35
14	70	70	71.1251	75	ถูก	ผิด	1.61
15	70	70	71.9608	75	ถูก	ผิด	2.80
16	70	70	68.4013	70	ถูก	ถูก	2.28
17	70	70	71.9601	75	ถูก	ผิด	2.80
18	70	70	71.4604	75	ถูก	ผิด	2.09
19	70	70	71.9441	75	ถูก	ผิด	2.78
20	70	70	71.1201	75	ถูก	ผิด	1.60
21	70	70	71.9601	75	ถูก	ผิด	2.80
22	70	70	71.9601	75	ถูก	ผิด	2.80
23	65	70	67.0332	70	ถูก	ถูก	3.13
24	70	70	71.9145	75	ถูก	ผิด	2.74

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	70	71.1221	75	ถูก	ผิด	1.60
26	70	70	71.5401	75	ถูก	ผิด	2.20
27	70	70	71.4571	75	ถูก	ผิด	2.08
28	65	70	64.8510	65	ถูก	ผิด	0.33
29	70	70	71.9771	75	ถูก	ผิด	2.82
30	70	70	71.4001	75	ถูก	ผิด	2.00

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 – 70 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	69.6667	30	1.26854	0.23160
	โปรแกรม	70.9318	30	1.59579	0.29135

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.850	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-1.265	0.8534	0.15434	-1.5808	-0.949	-8.19	29	0.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 – 70 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
2	70	70	67.3282	70	ถูก	ถูก	3.82
3	70	70	69.1488	70	ถูก	ถูก	1.22
4	70	70	71.6595	75	ถูก	ถูก	2.37
5	70	70	68.1537	70	ถูก	ถูก	2.64
6	65	70	66.7898	70	ถูก	ถูก	2.75
7	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
8	70	70	70.3125	70	ถูก	ถูก	0.45
9	73	75	75.1066	75	ผิด	ผิด	2.89
10	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
11	68	70	66.6029	70	ถูก	ถูก	2.05
12	73	75	74.6265	75	ผิด	ถูก	2.23
13	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
14	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
15	70	70	71.1867	75	ถูก	ผิด	1.70
16	70	70	72.8363	75	ถูก	ผิด	4.05
17	70	70	69.4635	70	ถูก	ถูก	0.77
18	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
19	70	70	71.6595	75	ถูก	ถูก	2.37
20	69	70	67.7155	70	ถูก	ถูก	1.86
21	70	70	72.1089	75	ถูก	ผิด	3.01
22	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
23	69	70	67.3813	70	ถูก	ถูก	2.35
24	68	70	68.3335	70	ถูก	ถูก	0.49

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	70	71.6595	75	ถูก	ผิด	2.37
26	68	70	66.7928	70	ถูก	ถูก	1.78
27	70	70	67.5065	70	ถูก	ถูก	3.56
28	65	65	63.9950	65	ผิด	ถูก	1.55
29	68	70	66.9847	70	ถูก	ถูก	1.49
30	72	75	70.9490	75	ผิด	ถูก	1.46

ภาคผนวกตารางที่ 20 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 – 70 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	69.6000	30	1.71404	0.31294
	โปรแกรม	69.997	30	2.62504	0.47926

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.802	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-0.397	1.61674	0.29518	-1.0010	0.2064	-1.34	29	0.189

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 – 70 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	70	70.7194	75	ถูก	ผิด	1.03
2	70	70	71.0362	75	ถูก	ผิด	1.48
3	73	75	73.1557	75	ผิด	ถูก	0.21
4	70	70	69.5172	70	ถูก	ถูก	0.69
5	70	70	70.8642	75	ถูก	ผิด	1.23
6	65	70	65.4490	70	ถูก	ถูก	0.69
7	75	75	75.3400	75	ผิด	ถูก	0.45
8	70	70	69.9691	70	ถูก	ถูก	0.04
9	70	70	70.9284	75	ถูก	ถูก	1.33
10	71	75	71.3867	75	ผิด	ถูก	0.54
11	68	70	69.0769	70	ถูก	ถูก	1.58
12	70	70	69.7558	70	ถูก	ถูก	0.35
13	70	70	69.7569	70	ถูก	ถูก	0.35
14	70	70	71.1251	75	ถูก	ผิด	1.61
15	70	70	71.0601	75	ถูก	ผิด	1.51
16	70	70	70.4030	70	ถูก	ถูก	0.58
17	69	70	68.4949	70	ถูก	ถูก	0.73
18	70	70	69.7651	70	ถูก	ถูก	0.34
19	70	70	70.7683	75	ถูก	ผิด	1.10
20	71	75	70.7839	75	ผิด	ถูก	0.30
21	69	70	67.9544	70	ถูก	ถูก	1.52
22	65	70	65.9629	70	ถูก	ถูก	1.48
23	65	70	65.0332	70	ถูก	ถูก	0.05
24	72	75	71.7397	75	ผิด	ผิด	0.36

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	70	71.1291	75	ถูก	ผิด	1.61
26	72	75	72.1472	75	ผิด	ผิด	0.20
27	70	70	70.5725	75	ถูก	ผิด	0.82
28	65	65	64.1851	65	ผิด	ถูก	1.25
29	70	70	70.6162	75	ถูก	ผิด	0.88
30	70	70	69.0547	70	ถูก	ถูก	1.35

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	69.6667	30	2.24888	0.41059
	โปรแกรม	69.9250	30	2.35548	0.43005

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.961	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-0.258	0.65261	0.1195	-0.5021	-0.147	-2.16	29	0.38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23 ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	70	70	69.4488	70	ถูก	ถูก	0.79
2	70	70	69.3282	70	ถูก	ถูก	0.96
3	70	70	69.1488	70	ถูก	ถูก	1.22
4	65	70	64.5154	70	ถูก	ถูก	0.75
5	70	70	69.1537	70	ถูก	ถูก	1.21
6	65	70	66.0898	70	ถูก	ถูก	1.68
7	70	70	69.5423	70	ถูก	ถูก	0.65
8	70	70	70.3125	70	ถูก	ถูก	0.45
9	73	75	74.1066	75	ผิด	ถูก	1.52
10	65	65	64.4787	65	ผิด	ถูก	0.80
11	68	70	67.6029	70	ถูก	ถูก	0.58
12	73	75	74.0265	75	ผิด	ถูก	1.41
13	65	65	65.4297	65	ผิด	ถูก	0.66
14	67	70	67.3813	70	ถูก	ถูก	0.57
15	70	70	71.1867	75	ถูก	ผิด	1.70
16	71	75	71.8363	75	ผิด	ถูก	1.18
17	70	70	69.4635	70	ถูก	ถูก	0.77
18	70	70	70.6595	75	ถูก	ผิด	0.94
19	73	75	72.3479	75	ผิด	ถูก	0.89
20	69	70	67.7155	70	ถูก	ถูก	1.86
21	70	70	71.1089	75	ถูก	ผิด	1.58
22	75	75	75.6287	80	ผิด	ผิด	0.84
23	69	70	68.3813	70	ถูก	ถูก	0.90
24	68	70	68.3335	70	ถูก	ถูก	0.49

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	70	69.9453	70	ถูก	ถูก	0.08
26	68	70	66.7928	70	ถูก	ถูก	1.78
27	70	70	69.5065	70	ถูก	ถูก	0.70
28	65	65	63.9950	70	ผิด	ผิด	1.55
29	68	70	66.9847	70	ถูก	ถูก	1.49
30	72	75	70.9490	75	ถูก	ผิด	1.46

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 65 - 70มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	69.3000	30	2.58844	0.47258
	โปรแกรม	69.1800	30	2.85201	0.52070

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.962	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	0.1200	0.79666	0.14545	-0.1775	0.4175	0.825	29	0.416

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 25 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 – 65 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	67	70	65.4808	65	ผิด	ผิด	2.27
2	64	65	62.9449	65	ถูก	ถูก	1.65
3	61	65	59.871	60	ถูก	ผิด	1.85
4	66	70	64.2545	65	ผิด	ผิด	2.64
5	67	70	64.1657	65	ผิด	ผิด	4.23
6	68	70	68.8527	70	ผิด	ถูก	1.25
7	65	65	65.9462	70	ถูก	ผิด	1.46
8	65	65	66.7831	70	ถูก	ผิด	2.74
9	67	70	66.2556	70	ผิด	ถูก	1.11
10	60	65	58.3192	60	ถูก	ผิด	2.80
11	65	65	65.9532	70	ผิด	ผิด	1.47
12	68	70	65.5302	70	ผิด	ถูก	3.63
13	73	75	75.7205	80	ผิด	ผิด	3.73
14	65	65	66.9902	70	ถูก	ผิด	3.06
15	70	70	68.6581	70	ถูก	ถูก	1.92
16	62	65	59.9461	60	ผิด	ผิด	3.31
17	70	70	69.0159	70	ผิด	ถูก	1.41
18	68	70	70.0642	70	ผิด	ถูก	3.04
19	65	65	66.1642	70	ถูก	ผิด	1.79
20	66	70	67.9299	70	ผิด	ถูก	2.92
21	67	70	67.9952	70	ผิด	ถูก	1.49
22	65	65	65.9653	70	ถูก	ผิด	1.49
23	65	65	65.7107	70	ถูก	ถูก	1.09

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 25(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
24	70	70	72.9502	75	ผิด	ผิด	4.21
25	65	65	63.1035	65	ถูก	ถูก	2.92
26	68	70	64.3240	65	ผิด	ผิด	5.41
27	68	70	68.8262	70	ผิด	ถูก	1.22
28	67	70	68.4866	70	ผิด	ถูก	2.22
29	63	65	65.3893	65	ถูก	ผิด	3.79

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	66.3333	30	2.83249	0.51714
	โปรแกรม	66.4669	30	3.72692	0.68044

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.873	0.000

Paired Samples Test

Pair	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
แรงงาน - โปรแกรม	-0.133	1.86403	0.34032	-0.829	0.5625	-0.39	29	0.698

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 27 ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 – 65 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	65	65	63.4981	65	ถูก	ถูก	2.31
2	70	70	68.3598	70	ผิด	ถูก	2.34
3	68	70	69.8895	70	ผิด	ถูก	2.78
4	68	70	65.7974	70	ผิด	ถูก	3.24
5	68	70	65.8072	70	ผิด	ถูก	3.22
6	65	65	63.0082	65	ถูก	ถูก	3.06
7	71	75	73.7858	75	ผิด	ถูก	3.92
8	69	70	68.2597	70	ผิด	ถูก	1.07
9	66	70	67.2413	70	ผิด	ถูก	1.88
10	67	70	69.5102	70	ผิด	ถูก	3.75
11	64	65	65.4572	65	ถูก	ถูก	2.28
12	71	75	72.4354	75	ผิด	ถูก	2.02
13	65	65	66.1329	70	ถูก	ผิด	1.74
14	65	65	66.0462	70	ถูก	ผิด	1.61
15	64	65	62.9237	65	ถูก	ถูก	1.68
16	63	65	64.0895	65	ถูก	ถูก	1.73
17	65	65	67.3123	70	ถูก	ผิด	3.59
18	66	70	68.2347	70	ผิด	ถูก	3.30
19	70	70	67.9735	70	ผิด	ถูก	2.90
20	74	75	75.3177	75	ผิด	ถูก	1.78
21	67	70	67.8300	70	ผิด	ถูก	1.24
22	66	70	65.2421	65	ผิด	ผิด	1.15
23	65	65	65.9490	70	ถูก	ผิด	1.46
24	66	70	68.0724	70	ผิด	ถูก	3.14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 27(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	70	73.1207	75	ผิด	ผิด	4.46
26	70	70	72.8915	75	ผิด	ผิด	4.13
27	61	65	62.0679	65	ถูก	ถูก	1.75
28	66	70	67.6518	70	ผิด	ถูก	2.50
29	65	65	65.8936	70	ถูก	ผิด	1.37
30	65	65	66.3414	70	ถูก	ผิด	2.06

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.3 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	66.8333	30	2.81723	0.51435
	โปรแกรม	67.5380	30	3.33019	0.60801

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.868	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-0.704	1.65584	0.30231	-1.3230	-0.086	-2.33	29	0.027

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 29 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 – 65 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	65	65	63.4981	65	ถูก	ถูก	2.31
2	66	70	67.8300	70	ผิด	ถูก	2.77
3	68	70	69.8895	70	ผิด	ถูก	2.78
4	67	70	65.7974	70	ผิด	ถูก	1.79
5	65	65	65.8072	70	ถูก	ผิด	1.24
6	65	65	63.0082	65	ถูก	ถูก	3.06
7	66	70	67.8390	70	ผิด	ถูก	2.79
8	66	70	67.8320	70	ผิด	ถูก	2.78
9	66	70	67.2413	70	ผิด	ถูก	1.88
10	66	70	69.5102	70	ผิด	ถูก	5.32
11	64	65	63.4572	65	ถูก	ถูก	0.85
12	66	70	67.8370	70	ผิด	ถูก	2.78
13	65	65	65.1329	65	ถูก	ถูก	0.20
14	65	65	65.0462	65	ถูก	ถูก	0.07
15	64	65	62.9237	65	ถูก	ถูก	1.68
16	63	65	64.0895	65	ถูก	ถูก	1.73
17	65	65	65.3123	65	ถูก	ถูก	0.48
18	66	70	68.2347	70	ผิด	ถูก	3.39
19	70	70	67.9735	70	ผิด	ถูก	2.90
20	74	75	75.3177	75	ผิด	ถูก	1.78
21	66	70	67.8330	70	ผิด	ถูก	2.78
22	65	65	65.2421	65	ถูก	ถูก	0.37
23	65	65	65.9490	70	ถูก	ผิด	1.46

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 29(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
24	66	70	65.0724	65	ผิด	ผิด	1.41
25	66	70	67.8830	70	ผิด	ถูก	2.85
26	66	70	67.8340	70	ผิด	ถูก	2.78
27	66	70	67.8350	70	ผิด	ถูก	2.78
28	66	70	67.6518	70	ผิด	ถูก	2.50
29	65	65	65.8936	70	ถูก	ผิด	1.37

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	65.9333	30	1.96404	0.35858
	โปรแกรม	66.7038	30	2.47912	0.45262

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.830	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-0.770	1.38684	0.25322	-1.2883	-0.252	-3.04	29	0.005

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 31 ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 – 65 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	65	65	66.9802	70	ถูก	ผิด	3.05
2	65	65	66.9202	70	ถูก	ผิด	2.95
3	65	65	66.9902	70	ถูก	ผิด	3.06
4	66	70	65.2445	65	ผิด	ผิด	1.14
5	67	70	68.4166	70	ผิด	ถูก	2.11
6	68	70	68.8527	70	ผิด	ถูก	1.25
7	65	65	65.9462	70	ถูก	ผิด	1.46
8	65	65	66.7831	70	ถูก	ผิด	2.74
9	67	70	66.2556	70	ผิด	ถูก	1.11
10	67	70	68.6166	70	ผิด	ถูก	2.41
11	67	70	68.4865	70	ผิด	ถูก	2.22
12	67	70	68.4866	70	ผิด	ถูก	2.22
13	73	75	75.7205	80	ผิด	ผิด	3.73
14	65	65	66.9902	70	ถูก	ผิด	3.06
15	67	70	68.4056	70	ผิด	ถูก	2.10
16	67	70	68.4163	70	ผิด	ถูก	2.11
17	67	70	68.4861	70	ผิด	ถูก	2.22
18	68	70	70.0602	70	ผิด	ถูก	3.03
19	65	65	66.0642	70	ถูก	ผิด	1.64
20	66	70	68.0299	70	ผิด	ถูก	3.08
21	67	70	67.4252	70	ผิด	ถูก	0.63
22	67	70	68.0863	70	ผิด	ถูก	1.62
23	65	65	65.7107	70	ถูก	ผิด	1.09
24	65	65	66.0902	70	ถูก	ผิด	1.68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 31(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	67	70	68.4866	70	ผิด	ถูก	2.22
26	65	65	66.1002	70	ถูก	ผิด	1.69
27	65	65	66.1101	70	ถูก	ผิด	1.71
28	67	70	68.5866	70	ผิด	ถูก	2.37
29	67	70	68.4861	70	ผิด	ถูก	2.22
30	65	65	66.1001	70	ถูก	ผิด	1.69

ตารางผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	66.4000	30	1.63158	0.29789
	โปรแกรม	67.7111	30	1.93728	0.35370

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.929	0.000

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-1.311	0.73475	0.13415	-1.5855	-1.036	-9.77	29	0.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 33 ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 – 65 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	67	70	66.4808	70	ผิด	ถูก	0.77
2	64	65	63.9449	65	ถูก	ถูก	0.09
3	60	65	59.1710	60	ถูก	ผิด	1.38
4	66	70	65.2545	65	ผิด	ผิด	1.13
5	68	70	67.1657	70	ผิด	ถูก	1.23
6	68	70	68.8527	70	ผิด	ถูก	1.25
7	65	65	65.9462	70	ถูก	ผิด	1.46
8	65	65	66.7831	70	ถูก	ผิด	2.74
9	67	70	66.2556	70	ผิด	ถูก	1.11
10	60	65	59.3192	60	ถูก	ผิด	1.13
11	65	65	65.3532	65	ถูก	ถูก	0.54
12	69	70	68.5302	70	ผิด	ถูก	0.68
13	73	75	73.7205	75	ผิด	ถูก	0.99
14	65	65	65.9002	70	ถูก	ผิด	1.38
15	70	70	69.6581	70	ผิด	ถูก	0.49
16	61	65	59.9461	60	ถูก	ผิด	1.73
17	70	70	69.0159	70	ผิด	ถูก	1.41
18	68	70	67.0642	70	ผิด	ถูก	1.38
19	65	65	66.1642	70	ถูก	ผิด	1.79
20	66	70	64.9299	65	ผิด	ผิด	1.62
21	67	70	67.4252	70	ผิด	ถูก	0.63
22	65	65	65.1653	65	ถูก	ถูก	0.25
23	65	65	65.7107	70	ถูก	ผิด	1.09
24	70	70	70.3502	70	ผิด	ถูก	0.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 33(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	65	65	64.1035	65	ถูก	ถูก	1.38
26	68	70	68.3240	70	ผิด	ถูก	0.48
27	68	70	68.8262	70	ผิด	ถูก	1.22
28	67	70	68.0466	70	ผิด	ถูก	1.56
29	65	65	65.3893	65	ถูก	ถูก	0.60
30	72	75	72.4085	75	ผิด	ถูก	0.57

ตารางผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60 - 65 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	66.4667	30	3.04827	0.55654
	โปรแกรม	66.5069	30	3.27461	0.5986

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.970	0.00

Paired Samples Test

Pair แรงงาน - โปรแกรม	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
	-0.040	0.81093	0.14806	-0.3430	0.2626	-0.27	29	0.788

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 35 ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60- 65 มม.

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม (%)
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
1	65	65	64.4981	65	ถูก	ถูก	0.77
2	70	70	69.3598	70	ผิด	ถูก	0.91
3	68	70	69.8895	70	ผิด	ถูก	02.78
4	67	70	65.7974	70	ผิด	ถูก	1.79
5	65	65	65.8072	70	ถูก	ผิด	1.24
6	65	65	64.0082	65	ถูก	ถูก	1.53
7	71	75	71.7858	75	ผิด	ถูก	1.11
8	69	70	69.2597	70	ผิด	ถูก	0.38
9	66	70	67.2413	70	ผิด	ถูก	1.88
10	66	70	65.5102	70	ผิด	ถูก	0.74
11	64	65	63.4572	65	ถูก	ถูก	0.85
12	71	75	72.4354	75	ผิด	ถูก	2.02
13	65	65	65.1329	65	ถูก	ถูก	0.20
14	65	65	65.0462	65	ถูก	ถูก	0.07
15	64	65	62.9237	65	ถูก	ถูก	1.68
16	63	65	64.0895	65	ถูก	ถูก	1.73
17	65	65	65.3123	65	ถูก	ถูก	0.48
18	66	70	67.2347	70	ผิด	ถูก	1.87
19	70	70	69.9735	70	ผิด	ถูก	0.04
20	74	75	75.3177	75	ผิด	ถูก	1.78
21	67	70	67.8300	70	ผิด	ถูก	1.24
22	65	65	65.2421	65	ถูก	ถูก	0.37
23	65	65	65.9490	70	ถูก	ผิด	1.46
24	66	70	65.0724	65	ผิด	ผิด	1.41

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ 35(ต่อ)

ลำดับที่	วัดด้วยแรงงาน (มม.)		วัดด้วยโปรแกรม (มม.)		ความแม่นยำ		ค่าความผิดพลาดของโปรแกรม %
	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	ความยาว	ขนาดมาตรฐาน	คน	โปรแกรม	
25	70	70	71.1207	75	ผิด	ผิด	1.60
26	70	70	71.8915	75	ผิด	ผิด	2.70
27	61	65	61.0679	65	ถูก	ถูก	0.11
28	66	70	67.6518	70	ผิด	ถูก	2.50
29	65	65	65.8936	70	ถูก	ผิด	1.37
30	65	65	66.3414	70	ถูก	ผิด	2.06

ภาคผนวกตารางที่ 36 การวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสายพาน 0.1 เมตร/วินาที ขนาดกุ้ง 60- 65 มม.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	แรงงาน	66.6333	30	2.83431	0.51747
	โปรแกรม	67.0714	30	3.23944	0.59144

Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig
Pair 1 แรงงาน&โปรแกรม	30	0.962	0.000

Paired Samples Test

Pair	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Err Mean	95% Confidence Lower	Upper			
แรงงาน - โปรแกรม	-0.438	0.92430	0.16875	-0.7832	-0.929	-2.59	29	0.015

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดของโปรแกรมที่ความเร็วสายพาน 0.1 0.2 และ 0.3 เมตร/วินาที .

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between	126.172	2	63.086	41.337	0.000
Within Groupe	270.128	177	1.526		
Total	386.300	179			

Duncan[a]

VAR00007	N	Subset for = 0.05		
		1	2	3
1.00	60	1.2295		
2.00	60		2.0333	
3.00	60			3.2653
Sig.		1.00	1.000	1.000

Meahs for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample = 60.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างโปรแกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
function varargout = GRADUATE_PROJECT1(varargin)

gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @GRADUATE_PROJECT1_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @GRADUATE_PROJECT1_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

 function GRADUATE_PROJECT1_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);

function varargout = GRADUATE_PROJECT1_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

 function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
 function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

 function Vertical_edit_Callback(hObject, eventdata, handles)

function Vertical_edit_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Obelique_edit_Callback(hObject, eventdata, handles)

function Obelique_edit_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Preview_Callback(hObject, eventdata, handles)
global vid;
    cla(handles.Camera,'reset');
    guidata(hObject, handles);
    imaqreset;
    set(gcf,'CurrentAxes',handles.Camera);
    set(gcf,'DoubleBuffer','on');
    a = imaqhwinfo;
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
    imaqhwinfo('winvideo',1);
    vid=videoinput('winvideo',1,'YUY2_640x480');
    set(vid, 'FramesPerTrigger', Inf);
set(vid, 'ReturnedColorspace', 'rgb')
vid.FrameGrabInterval = 5;
vid.TriggerRepeat = 2;
nom=1;
aa=150;

start(vid)

 while(nom<=3)

     data = getsnapshot(vid);

    diff_im = imsubtract(data(:,:,1), rgb2gray(data));

    diff_im = medfilt2(diff_im, [3 3]);

    diff_im = im2bw(diff_im,0.100);

    diff_im = bwareaopen(diff_im,900);

    bw = bwlabel(diff_im,8);

    stats = regionprops(bw, 'BoundingBox', 'Centroid');
    imshow(data)

    hold on
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
for object = 1:length(stats)
    bb = stats(object).BoundingBox;
    bc = stats(object).Centroid;
    plot(bc(1),bc(2), '-m+')
    a=text(bc(1)+15,bc(2), strcat('X: ', num2str(round(bc(1))), ' Y:', num2str(round(bc(2)))));
    set(a, 'FontName', 'Arial', 'FontWeight', 'bold', 'FontSize', 12,'Color', 'red');
    plot(bc(1),bc(2),'yx','LineWidth',2);
    theta = 0:0.02:2*pi;
    aa=(((bb(3)^2+bb(4)^2))^0.49);
    Xfit = aa*0.5*cos(theta) + bc(1);
    Yfit = aa*0.5*sin(theta) + bc(2);
    plot(Xfit, Yfit);
    set(handles.edit15,'String',sprintf('%g',bc(2)));
    set(handles.edit16,'String',sprintf('%g',bc(1)));
    set(handles.edit13,'String',sprintf('%g',bb(3)));
    set(handles.edit14,'String',sprintf('%g',bb(4)));
    cc=(((bb(3)^2+bb(4)^2))^0.5)*0.2650;
    set(handles.edit17,'String',sprintf('%g',cc));

      % Capture object 100 - 150 pixels.
    if (bb(2)<280)
       if (bb(2)>40)
          set(handles.edit18,'String',sprintf('%g',cc));
          if (cc>=104 && cc<=200)
     set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','9L'));
          elseif (cc>=100 && cc<=103.99)
       set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','7L'));
              elseif (cc>=98 && cc<=99.99)
     set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','6L'));
          elseif (cc>=95 && cc<=97.99)
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
            set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','5L'));
             elseif (cc>=90 && cc<=94.99)
            set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','95'));
             elseif (cc>=85 && cc<=89.99)
            set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','90'));
             elseif (cc>=80 && cc<=84.99)
            set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','85'));
               elseif (cc>=75 && cc<=79.99)
              set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','80'));
               elseif (cc>=70 && cc<=74.99)
             set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','75'));
              elseif (cc>=65 && cc<=69.99)
             set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','70'));
               elseif (cc>=60 && cc<=64.99)
             set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','65'));
            elseif (cc<=59.99)
             set(handles.edit22,'String',sprintf('%s','NO'));
           end
    end


           end
    end
       flushdata(vid);
       hold off
    end
% Both the loops end here.

% Stop the video aquisition.
stop(vid);
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
% Flush all the image data stored in the memory buffer.
flushdata(vid);
clear all

% Clear all variables

% hObject    handle to Preview (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in Exit_program.
function Exit_program_Callback(hObject, eventdata, handles)
   delete(handles.figure1);
   clear all

    % hObject    handle to Exit_program (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.


% hObject    handle to Process (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

  % --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes16_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
imshow(imread('C:\Documents and Settings\TUF\My Documents\MATLAB\T2\logo1.jpg'));
% hObject    handle to axes8 (see GCBO)
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: place code in OpeningFcn to populate axes8

function First_Picture_edit_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to First_Picture_edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of First_Picture_edit as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of First_Picture_edit as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function First_Picture_edit_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to First_Picture_edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Last_Picture_edit_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Last_Picture_edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
 % Hints: get(hObject,'String') returns contents of Last_Picture_edit as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Last_Picture_edit as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Last_Picture_edit_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Last_Picture_edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Delay_edit_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Delay_edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Delay_edit as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Delay_edit as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Delay_edit_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Delay_edit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


 % --- Executes on button press in Result_Auto.

% hObject    handle to Result_Auto (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Processed_Image_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Processed_Image (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: place code in OpeningFcn to populate Processed_Image

 function edit13_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit13 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit13 as a double

 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
 % Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit14_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit14 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit14 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit14_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

 function edit15_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit15 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit15 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit15 as a double

 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit15 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit16_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit16 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit16 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit16 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit16_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit16 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit17_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit17 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit17 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit17 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit17_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit17 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
  function edit18_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit18 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit18 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit18 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit18_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit18 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

 function edit20_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit20 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

set(handles.edit21,'String',get(hObject,'String'));
aa4=get(hObject,'String')

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit20 as text
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit20 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit20_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit20 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
 % --- Executes on button press in pushbutton16.
function pushbutton16_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton16 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA

 set(handles.edit21,'String',sprintf('%g',cc));

 function edit21_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit21 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit21 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit21 as a double
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit21_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit21 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit22_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit22 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit22 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit22 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit22_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit22 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
 set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function text38_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to text38 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสันติ สุขเจริญ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	3 มีนาคม พ.ศ.2518
สถานที่เกิด	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	หัวหน้าฝ่าย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บมจ.ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์