

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	2
2 แนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีและแนวคิด	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
3.1 กรอบแนวคิดภาพรวมของระบบ	25
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	27
3.3 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ	29
3.4 เพลงไดอะแกรมการทำงานของแอปพลิเคชัน	31
3.5 การออกแบบและพัฒนา แอปพลิเคชันระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
3.6 การทำงานของซอฟต์แวร์ระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เลเซอร์เซ็นเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ	43
3.7 การออกแบบระบบฐานข้อมูล	45
3.8 การออกแบบการทดลอง	45
4 ผลการดำเนินงานวิจัย	51
4.1 ผลการทดลองหาความแม่นยำในการนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์	51
4.2 ผลการทดลองหาความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ การวาง กล่องบรรจุภัณฑ์แบบขนาน	52
4.3 ผลการทดลองหาความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ การวาง กล่องบรรจุภัณฑ์แบบเฉียง	58
4.4 ผลการทดลองหาความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยการ วัดขนาดจากวัตถุในภาพ	65
4.5 สรุปผลการทดลอง	73
5 สรุปและอภิปรายผล	77
5.1 สรุปผลการทดลองและอภิปรายผล	77
5.2 ข้อจำกัด	80
5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต	80
บรรณานุกรม	82
ภาคผนวก	84

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ก รูปการทดลองระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์วัด ระยะรวมกับการประมวลผลภาพ	85
ข คู่มือการใช้งานระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลเซอร์ วัดระยะรวมกับการประมวลผลภาพ	87
ประวัติย่อของผู้วิจัย	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การตรวจวัดของเลเซอร์โดยชิป VL53L0X	14
2.2 การวัดของเลเซอร์โดยชิป VL53L0X	14
4.1 ผลทดลองการนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์	52
4.2 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 1 องศา การวางแบบ ขนาน ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	53
4.3 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 3 องศา การวางแบบ ขนาน ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	54
4.4 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 5 องศา การวางแบบ ขนาน ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	55
4.5 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 7 องศา การวางแบบ ขนาน ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	56
4.6 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 9 องศา การวางแบบ ขนาน ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	57
4.7 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 11 องศา การวางแบบ ขนาน ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	58
4.8 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 1 องศา การวางแบบ เฉียง ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	59
4.9 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 3 องศา การวางแบบ เฉียง ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	60
4.10 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 5 องศา การวางแบบ เฉียง ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	61
4.11 ผลทดลองการกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นั้รอบที่ 7 องศา การวางแบบ เฉียง ข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กล่อง	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.12 ผลทดลองการกำหนดองค์ประกอบของเซ็นเซอร์ที่ 9 องค์การวางแบบ เรียงข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กลอง	63
4.13 ผลทดลองการกำหนดองค์ประกอบของเซ็นเซอร์ที่ 11 องค์การวางแบบ เรียงข้อมูลตัวอย่างของการทดลอง 10 กลอง	64
4.14 ผลการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาด ความกว้าง 6 เซนติเมตร และความยาว 14 เซนติเมตร	66
4.15 ผลการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาด ความกว้าง 8 เซนติเมตร และความยาว 12 เซนติเมตร	67
4.16 ผลการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาด ความกว้าง 9 เซนติเมตร และความยาว 18 เซนติเมตร	68
4.17 ผลการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาด ความกว้าง 10 เซนติเมตร และความยาว 13 เซนติเมตร	69
4.18 ผลการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาด ความกว้าง 10 เซนติเมตร และความยาว 15 เซนติเมตร	70
4.19 ผลการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาด ความกว้าง 11 เซนติเมตร และความยาว 17 เซนติเมตร	71
4.20 ผลการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาด ความกว้าง 13 เซนติเมตร และความยาว 13 เซนติเมตร	73
4.21 ผลการทดลองการตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพโดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาด ความกว้าง 14 เซนติเมตร และความยาว 20 เซนติเมตร	74
4.22 ผลการทดลองหาความแม่นยำในการนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ การวางแบบ ขนาน โดยใช้กล้องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดความกว้าง 23 เซนติเมตร ความยาว 38 เซนติเมตร	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.23 ผลการทดลองหาความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์การวางแบบ เฉียง โดยใช้กล่องบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดความกว้าง 23 เซนติเมตร ความยาว 38 เซนติเมตร	75
4.24 ผลการทดลองหาความแม่นยำในการตรวจวัดขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยการวัด ขนาดจากวัตถุในภาพ	76

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	โครงสร้างระบบสายพาน	5
2.2	กระบวนการประมวลผลภาพ	7
2.3	โครงสร้างของเอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุน ชนิด Absolute Rotary Encoder	11
2.4	โครงสร้างของเอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุน ชนิด Incremental Rotary Encoder	12
2.5	บล็อกไดอะแกรมการนำ Incremental Rotary Encoder ไปใช้งาน	12
2.6	ไดอะแกรมชิป VL53L0X	13
2.7	การสื่อสารแบบ I2C	15
2.8	หน้าจอสัมผัสแบบ Resistive	16
2.9	หน้าจอสัมผัสแบบ Capacitive	17
3.1	แผนผังการดำเนินงานวิจัยระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ	24
3.2	แผนผังแสดงภาพรวมของระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวนกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ	26
3.3	การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ควบคุม	30
3.4	โครงสร้างการพัฒนาอุปกรณ์รุ่นที่ 1	31
3.5	โครงสร้างการพัฒนาอุปกรณ์รุ่นที่ 2	32
3.6	โครงสร้างการพัฒนาอุปกรณ์รุ่นที่ 3	33
3.7	เพจไดอะแกรมการทำงานของแอปพลิเคชัน	34
3.8	เพจไดอะแกรมการทำงานของแอปพลิเคชัน (ต่อ)	35
3.9	หน้าเริ่มต้นของระบบ	36
3.10	หน้ารายการข้อมูล	36
3.11	หน้าประวัติข้อมูลการใช้งาน	37
3.12	หน้าจัดการตั้งค่าระบบ	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.13 หน้าตรวจสอบความถูกต้องรายการข้อมูลนำเข้า	38
3.14 หน้าเริ่มการทำงาน	38
3.15 หน้าหยุดการทำงาน	39
3.16 หน้าตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน	40
3.17 หน้าการทำงานแบบกำหนดเอง	40
3.18 หน้าเริ่มการทำงานแบบกำหนดเอง	41
3.19 หน้าหยุดการทำงานแบบกำหนดเอง	41
3.20 หน้าจัดการตัวเลือกการตั้งค่าเซ็นเซอร์	42
3.21 หน้าจัดการตั้งค่าเซ็นเซอร์นี้บรอบ	43
3.22 ไดอะแกรมการทำงานของซอฟต์แวร์	44
3.23 แผนภาพฐานข้อมูลระบบตรวจวัดขนาดและนับจำนวน กล้องบรรจุภัณฑ์โดยใช้ เลเซอร์วัดระยะร่วมกับการประมวลผลภาพ	46
3.24 การออกแบบการทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นี้บรอบการวาง กล้องแบบขนาน	48
3.25 การออกแบบการทดลองโดยกำหนดองศาการหมุนของเซ็นเซอร์นี้บรอบการวาง กล้องแบบเฉียง	49
3.26 การออกแบบ การทดลอง การตรวจวัดขนาดของวัตถุในภาพ โดยใช้วัตถุอ้างอิง ขนาดความกว้าง 4 เซนติเมตร ความยาว 4 เซนติเมตร	50
5.1 กราฟแสดงข้อมูลการเปรียบเทียบการเพิ่มองศาที่มากขึ้นของเซ็นเซอร์นี้บรอบการ วางกล้องแบบขนาน	78
5.2 กราฟแสดงข้อมูลการเปรียบเทียบการเพิ่มองศาที่มากขึ้นของเซ็นเซอร์นี้บรอบการ วางกล้องแบบเฉียง	79