

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1	การขับเพลลาหลายเพลลาโดยใช้โซ่เพียง 1 เส้น	5
2-2	การวางเฟืองโซ่สองเฟืองที่ขับกันอย่างเหมาะสม และไม่เหมาะสม	5
2-3	รูปแบบการเก็บข้อมูลของรูปภาพดิจิทัล	8
2-4	รูปภาพขาว	8
2-5	การเก็บข้อมูลของรูปภาพขาวดำ	9
2-6	การไล่สีตั้งแต่สีดำ สีเทา และสีขาวของรูปภาพระดับเทา	9
2-7	การเก็บข้อมูลของรูปภาพระดับเทา	10
2-8	ตัวอย่างรูปภาพระดับเทา	10
2-9	รูปแบบ RGB	11
2-10	รูปแบบ HIS	11
2-11	(ก) การเก็บข้อมูลแบบ RGB	12
2-11	(ข) การเก็บข้อมูลแบบ HIS	12
2-12	(ก) ภาพระดับเทาก่อนทำการตัดส่วน	14
2-12	(ข) ภาพหลังจากทำการตัดส่วน	14
2-13	หน้ากากขนาด 3x3	15
2-14	(ก) หน้ากากขนาด 3x3	16
2-14	(ข) หน้ากากขนาด 5x5	16
2-15	(ก) รูปภาพก่อนผ่านตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย	16
2-15	(ข) รูปภาพหลังผ่านตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย หน้ากากขนาด 5x5	16
2-16	(ก) รูปภาพต้นฉบับ	17
2-16	(ข) รูปภาพที่ผ่านการปรับระดับ (threshold)	17
2-17	การกำหนดวัตถุเป็นสีขาวและพื้นหลังเป็นสีดำของรูปภาพ	19
2-18	การหาจุดศูนย์กลาง	20
2-19	หน้ากากเกาส์เซียน (Gaussian Kernels)	22
2-20	หน้ากาก (Kernel)	22
2-21	ภาพที่มีขนาดของภาพที่แตกต่างกัน	23

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2-22	แบบจำลองทางจุลศาสตร์ของหุ่นยนต์	24
2-23	วงจรไฟฟ้าของมอเตอร์กระแสตรง	25
2-24	บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการควบคุมแบบป้อนกลับ	29
2-25	ผลของการควบคุมแบบเปิด-ปิด	29
2-26	ผลของการควบคุมแบบเปิด-ปิด ชนิด Differential Gap	30
2-27	ผลการควบคุมแบบพี	31
2-28	ผลของการเกิดออฟเซตในการควบคุมแบบพี	32
2-29	ผลการควบคุมแบบพีไอ	33
2-30	ผลของการควบคุมแบบพีดี	34
2-31	ผลของการควบคุมแบบพีไอดี	35
2-32	ระบบการควบคุมแบบลูเปิด	36
2-33	แสดงระบบการควบคุมแบบลูปิด	36
2-34	(ก) $A = \text{“จำนวนของเด็กในครอบครัว”}$	37
2-34	(ข) “จุดกึ่งกลางของอายุเป็น 50”	37
2-35	(ก) ความสูงของพีชชีเซต ซัพพอร์ต	38
2-35	(ข) จุดแบ่งของพีชชี	38
2-36	(ก) สองคอนเวกซ์ของความเป็นสมาชิก	39
2-36	(ข) ไม่เป็นคอนเวกซ์ของสมาชิก	39
2-37	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าผิดพลาด (e) แบบ 3 สมาชิก	40
2-38	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าผิดพลาด (e) แบบ 5 สมาชิก	40
2-39	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าผิดพลาด (e) แบบ 7 สมาชิก	40
2-40	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอัตราการผลิต (Δe) แบบ 3 สมาชิก	40
2-41	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอัตราการผลิต (Δe) แบบ 5 สมาชิก	41
2-42	สมาชิกเอ้าท์พุทแบบ 7 สมาชิก	41
3-1	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของโครงการ	52
3-2	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของโครงการ (ต่อ)	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) รุ่น ET-ARM STAMP STM32	55
3-4 ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆในบอร์ด ET-ARM STAMP STM32	57
3-5 การป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์	57
3-6 จุดอ้างอิงของสัญญาณพัลส์	58
3-7 (ก) ชุดเกียร์ที่ติดตั้งอยู่ก่อนหน้า	59
3-7 (ข) ชุดเฟืองเกียร์ที่ติดตั้งใหม่	59
3-8 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) ที่ใช้	61
3-9 ลักษณะการติดตั้งเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ โมดูลวัดความเร่ง และไจโรสโคป	61
3-10 การติดตั้งอัลตราโซนิกบนจานรักษาสมดุล	62
3-11 การติดตั้งเอ็นโค้ดเดอร์กับเพลาล้อ	62
3-12 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบจานรักษาสมดุล	63
3-13 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบจานรักษาสมดุล (ต่อ)	64
3-14 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบจานรักษาสมดุล (ต่อ)	65
3-15 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบจานรักษาสมดุล (ต่อ)	66
3-16 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบจานรักษาสมดุล (ต่อ)	67
3-17 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบขับเคลื่อนหุ่นยนต์	68
3-18 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (ต่อ)	69
3-19 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (ต่อ)	70
3-20 ขั้นตอนการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนของระบบขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (ต่อ)	71
3-21 ขั้นตอนการทำงานโปรแกรมสร้างแผนที่ของหุ่นยนต์	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-22	ขั้นตอนการทำงานโปรแกรมการประมวลผลทางภาพ	73
3-23	ขั้นตอนการทำงานวิธีตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Detection)	74
3-24	ขั้นตอนการทำงานวิธีทางการเข้าคู่รูปแบบ (Template Matching)	75
3-25	ขั้นตอนการเปรียบเทียบภาพด้วยวิธี SURF (Speeded Up Robust Features)	76
3-26	ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	77
3-27	ขั้นตอนการทดสอบการทำงานโดยรวมของหุ่นยนต์	78
4-1	โครงสร้างของหุ่นยนต์ทั้งหมด	80
4-2	โครงสร้างของหุ่นยนต์ที่แสดงส่วนขับเคลื่อน	80
4-3	โครงสร้างของงานรักษาสมดุล(ส่วนบน)	81
4-4	ค่าพัลส์ (Pulse) ของเอ็นโค้ดเดอร์ที่ระยะทาง 1 เมตร	82
4-5	ทดสอบการทำงานของอัลตราโซนิกทั้ง 3 ตัว	82
4-6	ชุดการทดสอบการหาค่ามุมของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์	87
4-7	ผลการทดสอบเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรมแมทแลบ(MATLAB)	92
4-8	การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายโดยการควบคุมแบบพีไอดี	93
4-9	การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาโดยการควบคุมแบบพีไอดี	93
4-10	การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวาโดยการควบคุมแบบพีไอดี	94
4-11	การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายที่ได้จากเครื่องมือวัด	94
4-12	การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาที่ได้จากเครื่องมือวัด	94
4-13	การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์ด้านซ้าย	95
4-14	การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์ด้านขวา	96
4-15	การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายโดยวิธี Curve fitting	97
4-16	การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาโดยวิธี Curve fitting	97
4-17	การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวาโดยวิธี Curve fitting + PID	97
	Controller	97
4-18	การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายโดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี	98
4-19	การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาโดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี	98
4-20	การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวา	
	โดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี	99

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-21	การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายที่ได้จากเครื่องมือวัด	99
4-22	การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาที่ได้จากเครื่องมือวัด	99
4-23	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน X โดยควบคุมแบบพีไอดี	100
4-24	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน Y โดยควบคุมแบบพีไอดี	101
4-25	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน Y โดยควบคุมแบบพีไอดี	101
4-26	การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์แกน X	102
4-27	การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์แกน Y	103
4-28	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน X โดยวิธี Curve fitting	104
4-29	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน Y โดยวิธี Curve fitting	104
4-30	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน XY โดยวิธี Curve fitting	105
4-31	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน X โดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี	105
4-32	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน Y โดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี	106
4-33	การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน XY โดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี	106
4-34	ผลการตั้งค่าอินพุตฟัซซี่ลอจิกของอัลตราโซนิกเซนเซอร์	107
4-35	ผลการตั้งค่าอินพุตฟัซซี่ลอจิกของการค้นหาสัญลักษณ์	107
4-36	ผลการตั้งค่าเอาต์พุตฟัซซี่ลอจิกความเร็วของหุ่นยนต์	108
4-37	ผลการตั้งค่ากฎของฟัซซี่ลอจิกสำหรับการวิ่งอัตโนมัติและการค้นหา	108
4-38	ผลการแปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification)	109
4-39	ผลการทดลองการวาดแผนที่ด้วยการบังคับด้วยจอยสติ๊ก (Joy Sticks)	109
4-40	ผลการทดลองการวาดแผนที่ขณะวิ่งอัตโนมัติ	110
4-41	ผลการทดลองการสอบเทียบกล้องเว็บแคม	111
4-42	ผลการทดลองเมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหว	111
4-43	ผลการทดลองบันทึกค่าเมื่อมีการเคลื่อนไหว	112
4-44	ผลการทดลองสภาพแวดล้อมภายในอาคาร	112
4-45	ผลการทดลองการตรวจจับภาพด้วยวิธีทางการเข้ารูปแบบ	113
4-46	ผลการทดลองบันทึกค่าตรวจจับภาพด้วยวิธีทางการเข้ารูปแบบ	113
4-47	ผลการทดลองสภาพแวดล้อมภายในอาคาร	114
4-48	ผลการทดลองการตรวจจับภาพด้วยวิธี SURF	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-49	ผลการทดลองบันทึกค่าตรวจจับภาพด้วยวิธี SURF	115
4-50	ผลการทดลองสภาพแวดล้อมภายในอาคาร	115
ข-1	ลายวงจรบอร์ดอินพุทเอาต์พุท(ลายวงจรด้านบน)	126
ข-2	ลายวงจรบอร์ดอินพุทเอาต์พุท(ลายวงจรด้านล่าง)	126
ข-3	ลายวงจรบอร์ดเชื่อมต่อมอเตอร์(ลายวงจรด้านล่าง)	127
ข-4	บอร์ดอินพุทเอาต์พุทไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32	129
ข-5	บอร์ดอินพุทเอาต์พุทไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 (ลายวงจรด้านบน)	129
ข-6	บอร์ดอินพุทเอาต์พุทไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 (ลายวงจรด้านล่าง)	130
ค-1	การอินเตอร์เฟสของโปรแกรมโดยรวม	132
ค-2	การอินเตอร์เฟสของโปรแกรมในส่วนตรวจสอบแบตเตอรี่	132
ค-3	การอินเตอร์เฟสแสดงกราฟในส่วนของการรักษาสมดุล	133
ค-4	การอินเตอร์เฟสแสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์	133
ค-5	การอินเตอร์เฟสแสดงผลข้อมูลเซนเซอร์อุณหภูมิ	133
ค-6	การอินเตอร์เฟสแสดงผลการตั้งค่าฟuzzy logic	134
ค-7	การอินเตอร์เฟสแสดงผลการระบุแผนที่ของหุ่นยนต์	134
ค-8	สัญลักษณ์ที่ใช้เปรียบเทียบในส่วนของการประมวลผลทางภาพ	135
ค-9	การทดสอบกล้องในส่วนของการประมวลผลทางภาพ	135
ค-10	การอินเตอร์เฟสในส่วนของการตรวจจับความเคลื่อนไหว	136
ค-11	การอินเตอร์เฟสการเปรียบเทียบภาพด้วยวิธี Template Matching	136
ค-12	การอินเตอร์เฟสการเปรียบเทียบภาพด้วยวิธี SURF	137
ง-1	โปรแกรมในส่วนทดสอบเชิงทฤษฎีโดยใช้โปรแกรมแมทแลบ(MATLAB)	139
ง-2	ผลการทดสอบหาค่ามุมของเชิงทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์	140
ง-3	ผลการทดสอบเชิงทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรมแมทแลบ(MATLAB)	140

