

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้าที่
2-1 ระบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	7
2-2 (ก) ลักษณะหุ่นยนต์แบบอาร์ติคูลेट (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบอาร์ติคูลेट	11
2-3 (ก) ลักษณะหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน	12
2-4 (ก) แขนกลแบบทรงกระบอก (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก	12
2-5 หุ่นยนต์แบบอาร์ติคูลेट	13
2-6 (ก) ลักษณะของแขนกลแบบทรงกลม (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบ	14
ทรงกระบอก	
2-7 (ก) ลักษณะหุ่นยนต์สการ์่า (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์สการ์่า	16
2-8 Articulated Arm IRB 140	16
2-9 พื้นที่การทำงานของ Articulated Arm IRB 140	17
2-10 ตัวควบคุมการทำงาน IRC 5 ของ Articulated Arm IRB 140	17
2-11 ปุ่มและพอร์ตอยู่ที่ตัวควบคุม	18
2-12 คำอธิบายของปุ่มและพอร์ตอยู่ที่ตัวควบคุม	18
2-13 ลักษณะและคำอธิบายของ FlexPendant with USB port	19
2-14 ปุ่มคำสั่งบน FlexPendant with USB port	19
2-15 ความหมายของปุ่มคำสั่งบน FlexPendant with USB port	20
2-16 ลักษณะและความหมายบนหน้าจอ Touch screen elements	20
2-17 โปรแกรมโรบอทสตูดิโอสำหรับจำลองการทำงานของหุ่นยนต์เอบีบี	22
2-18 ค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า	23
2-19 การเคลื่อนที่ของค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน	24
แบบเดลต้า	
2-20 ที่มาของมุม $\tan 30^\circ$ สำหรับการคำนวณ	26
2-21 การย้ายจุดศูนย์กลางของวงกลมจากจุด J_1, J_2 และ J_3 ไปยังจุด J_1', J_2'	27
และ J_3' ในมุมมองแบบสามมิติ	
2-22 การย้ายจุดศูนย์กลางของวงกลมจากจุด J_1, J_2 และ J_3 ไปยังจุด J_1', J_2' และ J_3'	27
ในมุมมองด้านบน	
2-23 การหาพารามิเตอร์ f	30
2-24 การหาพารามิเตอร์ e	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้าที่
2-25 การหาพารามิเตอร์ rf	31
2-26 การหาพารามิเตอร์ sf	32
2-27 ลักษณะของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า (มองด้านข้าง)	32
2-28 ลักษณะของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า (มองด้านบน)	33
2-29 (ก) ลักษณะหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า (ข) ภาพ Kinematics	33
หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า	
2-30 (ก) ก้านควบคุมแบบคันโยก (ข) ก้านควบคุมแบบพวงมาลัย	35
2-31 การรับภาพและการประมวลผล	37
2-32 แสดงพิกเซล (Pixel) ของภาพ	38
2-33 มิติของภาพในเครื่องคอมพิวเตอร์	38
2-34 ค่าความสว่างของจุดสีในภาพแบบโทนสีเทา	39
2-35 ค่าความสว่างของจุดสีในภาพสี	39
2-36 ลักษณะและส่วนประกอบของกล้องคิเน็กซ์	41
2-37 ลักษณะและส่วนประกอบของกล้องคิเน็กซ์	41
2-38 การประมวลผลภาพจากกล้องคิเน็กซ์	43
2-39 ข้อต่อของร่างกายมนุษย์ทั้ง 20 ข้อต่อ	44
2-40 ตัวอย่างการทำงานแบบ kinect skeleton	45
2-41 ไดอะแกรมการติดต่อระหว่าง Kinect กับแอปพลิเคชัน	46
2-42 Skeletal Tracking	46
2-43 โครงสร้างภายในของเอซีเซอร์ไวโมเตอร์	47
2-44 ระบบควบคุมเซอร์ไวโมเตอร์	49
2-45 ภาพส่วนประกอบของ เอซีเซอร์ไวโมเตอร์	50
2-46 การจ่ายไฟและทิศทางการเกิดสนามแม่เหล็ก	51
2-47 โครงสร้างเอซีเซอร์ไวโมเตอร์ที่มี 4 โพลหรือโพลมี 2 คู่	52
2-48 สัญญาณดิจิทัล 2 ชนิด	55
2-49 สัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 ชนิด	56
2-50 CARD DAQ รุ่น PCI-6221 (68 pin)	57
2-51 ขาต่อใช้งานของ CARD DAQ รุ่น PCI-6221 (68 pin)	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้าที่
2-52 เ็นโค้ดเดอร์แบบเพิ่มค่าด้านซ้ายแบบหมุน ด้านขวาแบบเคลื่อนที่เชิงเส้น	60
2-53 เ็นโค้ดเดอร์แบบสมบูรณ์แบบเลื่อนแนวตรงขนาด 4 บิต	61
3-1 แผนผังขั้นตอนการศึกษาและรวบรวมข้อมูล	66
3-2 แผนผังแนวคิดในการสร้างโครงงานการควบคุมระยะไกลด้วยหุ่นยนต์แบบเดลต้า	67
3-3 แผนผังแนวคิดในการสร้างโครงงานการควบคุมระยะไกลด้วยหุ่นยนต์แบบเดลต้า	68
3-4 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานเกี่ยวกับหุ่นยนต์เอปีย	69
3-5 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานเกี่ยวกับกล้องคีนิกส์	70
3-6 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานเกี่ยวกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้า	71
3-7 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานเกี่ยวกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้า	72
3-8 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล	73
3-9 แผนผังขั้นตอนการนำเสนอหัวข้อโครงงานปริญญานิพนธ์	74
3-10 การหาขนาดความยาวของแขนหุ่นยนต์โดยใช้โปรแกรม SolidWork 2012	75
3-11 การออกแบบแผ่นตัวฐานบนโดยโปรแกรม SolidWork 2012	76
3-12 การออกแบบแขน rf โดยโปรแกรม SolidWork 2012	76
3-13 การออกแบบแขน re โดยโปรแกรม SolidWork 2012	76
3-14 การออกแบบแขน re โดยโปรแกรม SolidWork 2012	77
3-15 การออกแบบข้อต่อ (Roend Joint) โดยโปรแกรม SolidWork 2012	77
3-16 การออกแบบหน้าแปลนยึดเซอร์โวมอเตอร์โดยโปรแกรม SolidWork 2012	77
3-17 การวิเคราะห์ Strength ของวัสดุโดยโปรแกรม SolidWork 2012	78
3-18 การวิเคราะห์แรงบิดโดยโปรแกรม SolidWork 2012	79
3-19 การวิเคราะห์แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่หนึ่ง	79
3-20 การวิเคราะห์แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่สอง	80
3-21 การวิเคราะห์แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่สาม	80
3-22 การวิเคราะห์แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่หนึ่ง	81
3-23 การวิเคราะห์แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่สอง	81
3-24 การวิเคราะห์แรงบิดเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่สาม	81
3-25 โปรแกรม Computer Aided Manufacturing โดย SolidCAM 2012	82
3-26 การตั้งแกนอ้างอิงให้ตรงกับเครื่องซีเอ็นซีในโปรแกรม SolidCAM 2012	82

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้าที่
3-27 ทำการตั้งค่าให้ทำการเจาะรูนำศูนย์ในโปรแกรม SolidCAM 2012	83
3-28 ทำการตั้งค่าให้ทำการเจาะรูและคว้านให้ใหญ่ขึ้นในโปรแกรม SolidCAM 2012	83
3-29 ทำการแปลงการทำงานให้อยู่ในรูปของจีโค้ดในโปรแกรม SolidCAM 2012	84
3-30 เริ่มทำจิ๊ก (Jig) อย่างง่ายเพื่อผลิตชิ้นงานด้วยซีเอ็นซี	84
3-31 เจาะรูบนชิ้นงานด้วยซีเอ็นซีด้วยจีโค้ดที่ได้จากโปรแกรม SolidCAM 2012	85
3-32 เครื่องซีเอ็นซีทำงานเสร็จสมบูรณ์ชิ้นงานที่ได้มีขนาดตามที่ต้องการ	85
3-33 การประกอบชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่ผ่านกระบวนการซีเอ็นซี	86
3-34 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้าพร้อมต่อใช้งานเข้ากับตู้ควบคุม	86
3-35 ทดสอบความแข็งแรงของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้าโดยการขยับ	87
ด้วยมือ	
3-36 การใช้โปรแกรม AutoCAD 2011 ในการออกแบบภาคควบคุม	87
3-37 ออกแบบการวางอุปกรณ์ลงในตู้ควบคุม โดยโปรแกรม AutoCAD 2011	88
3-38 ประกอบตู้ควบคุมตามที่ออกแบบ	88
3-39 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้า	90
3-40 การทดสอบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้า	91
3-41 โปรแกรมสำหรับการคำนวณจลศาสตร์ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน	91
แบบเดลต้า	
3-42 หน้าต่างโปรแกรมโรบอทสตูดิโอสำหรับควบคุมหุ่นยนต์เอบีบี	92
3-43 การจำลองของหุ่นยนต์เอบีบีที่ทำงานตามคำสั่งที่เขียนไว้	92
3-44 โปรแกรมรับส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์ทั้งสองตัว	93
3-45 การทดสอบการควบคุมระยะไกล	93
3-46 การติดตั้งไลเบอรีสำหรับกลิ้งคิเนติกส์	94
3-47 วัตถุสองชิ้นที่มีค่าความแข็งต่างกันสำหรับทดสอบการกดด้วยหุ่นยนต์เอบีบี	95
3-48 โปรแกรมการประมวลผลภาพโดยใช้กลิ้งคิเนติกส์	96
4-1 การควบคุมระยะไกลโดยใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้าแบบไม่มีการ	97
กดวัตถุ	

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้าที่
4-2 การเปรียบเทียบตำแหน่งระหว่างหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้าในแกน X และหุ่นยนต์เอบีบีในแกน Y	99
4-3 ตำแหน่งหุ่นยนต์ก่อนการเคลื่อนที่เฉพาะในแนวแกน X ของหุ่นยนต์เอบีบี	99
4-4 ตำแหน่งหุ่นยนต์หลังการเคลื่อนที่เฉพาะในแนวแกน X ของหุ่นยนต์เอบีบี	100
4-5 การเปรียบเทียบตำแหน่งระหว่างหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้าในแกน Z และหุ่นยนต์เอบีบีในแกน Z	101
4-6 ตำแหน่งหุ่นยนต์ก่อนการเคลื่อนที่เฉพาะในแนวแกน Z ของหุ่นยนต์เอบีบี	102
4-7 ตำแหน่งหุ่นยนต์หลังการเคลื่อนที่เฉพาะในแนวแกน Z ของหุ่นยนต์เอบีบี	102
4-8 การควบคุมระยะไกลโดยใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้าแบบมีการกวดำตร	103
4-9 หุ่นยนต์เอบีบีที่กวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงต่ำในตำแหน่งที่หนึ่ง	104
4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านและตำแหน่งการกวดำตร	106
4-11 ตำแหน่งหุ่นยนต์ก่อนการกวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงต่ำตำแหน่งที่หนึ่ง	106
4-12 ตำแหน่งหุ่นยนต์ขณะกวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงต่ำตำแหน่งที่หนึ่ง	107
4-13 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านและตำแหน่งการกวดำตร	108
4-14 ตำแหน่งหุ่นยนต์ก่อนกวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงต่ำตำแหน่งที่สอง	109
4-15 ตำแหน่งหุ่นยนต์ขณะกวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงต่ำตำแหน่งที่สอง	109
4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านและตำแหน่งการกวดำตร	111
4-17 ตำแหน่งหุ่นยนต์ก่อนกวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงสูงตำแหน่งที่หนึ่ง	112
4-18 ตำแหน่งหุ่นยนต์ขณะกวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงสูงตำแหน่งที่หนึ่ง	112
4-19 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านและตำแหน่งการกวดำตร	114
4-20 ตำแหน่งหุ่นยนต์ก่อนกวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงสูงตำแหน่งที่สอง	115
4-21 ตำแหน่งหุ่นยนต์ขณะกวดำตรที่มีค่าความแข็งแรงสูงตำแหน่งที่สอง	115