

AUTOMATION CONTROL OF XY LINEAR ELECTRIC ACTUATOR COMBINATION

THITTHITA MEELARP

DARANEE PANICHAKAN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)

DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การควบคุมอัตโนมัติของหัวขับไฟฟ้าในแนวระนาบ XY	
นักศึกษา	นางสาวทิตฐิตา มีลาภ	รหัสนักศึกษา 58051058
	นางสาวดารณี พานิชการ	รหัสนักศึกษา 58051067
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อาภรณ์ สุกุลกระเวก	

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบแขนกลประเภทคาร์ทีเซียนโรบอท เพื่อสร้างรูปทรง ในระบบจะประกอบด้วยแขนกล, อิเล็กทรอนิกส์ และ โปรแกรมที่ใช้ควบคุม แขนกลในแนวแกน X และแกน Y ในแนวเชิงเส้น หรือเรียกว่า แอคชูเอเตอร์ จะถูกติดตั้งไว้บนโต๊ะทำงาน ระบบแขนกลสามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะ 200x200 มิลลิเมตร สามารถรับโหลดในแนวนอนได้สูงสุด 12 กิโลกรัม และสามารถรับโหลดในแกนแนวตั้งได้สูงสุด 3 กิโลกรัม ด้านอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบไปด้วย XSEL Controller และ Switching Power Supply ในส่วนของโปรแกรมควบคุมสามารถสร้างพิกัดเพื่อส่งข้อมูลไปควบคุมแอคชูเอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปตามพิกัดที่ต้องการและวาดภาพ ปากกาจะเคลื่อนที่ในแนวระนาบ XY และจะถูกลดระดับลงบนพื้นผิว เพื่อความแม่นยำในการสร้างรูปทางเรขาคณิตพื้นฐานและการวาดซ้ำ

คำสำคัญ: โปรแกรมควบคุมคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมเพื่อสร้างรูป, หุ่นยนต์ประเภทคาร์ทีเซียนในแนวแกนเอ็กซ์วาย

Title	AUTOMATION CONTROL OF XY LINEAR ELECTRIC ACTUATOR COMBINATION	
Student	THITTHITA MEELARP	Student ID 58051058
	DARANEE PANICHAKAN	Student ID 58051067
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)	
Department	Physics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academy Year	2018	
Advisor	Asst.Prof.Dr. Aparporn Sakulkalavek	

Abstract

In this study, we design and develop a XY cartesian robot system for the milling and drawing application. The system consists of mechanical, electronics and software engineering parts. The mechanical part has x-axis and y-axis linear actuators that are installed on working table. The robot system can move within 200 x 200 mm. The maximum horizontal load can be obtained 12 Kg. And can receive loads in the vertical axis up to 3 kg. The electronics part has an XSEL XY-axis programmable controllers and switching power supply. The software part can create a file of coordinates will then be transferred to the control unit which will then coordinated the actuators to move to the desired cartesian coordinates and perform the drawing operation. Pen translates across an x-y plane and is lowered onto a surface to create a precise design of basic geometry and repeatability.

Keywords: programmable controllers and drawing application, XY cartesian robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 Robo Cylinder Controller	19
2.5.1 โครงสร้างภายนอกของ Robo Cylinder Controller	19
2.5.2 ชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของคอนโทรลเลอร์	19
2.6 RS-232	21
2.6.1 หลักการทำงานของ RS-232	21
2.6.2 ข้อดีและข้อเสียของ RS-232	21
2.6.3 สาย RS-232 เชื่อมต่อเข้ากับคอนโทรลเลอร์	22
2.7 Switching Power Supply	22
2.7.1 ส่วนประกอบ Switching Power Supply	23
2.7.2 แผนผังการทำงาน Switching Power Supply	24
2.8 โปรแกรม PC Interface Software for X-SEL	25
2.8.1 คำอธิบายเมนู	25
2.8.2 คำอธิบายของแถบเครื่องมือ	26
2.8.3 ฟังก์ชันการตั้งค่า	29
2.8.4 ข้อมูลตำแหน่ง&ไอคอนเครื่องมือในโปรแกรมควบคุมแกน Z	31
2.9 โปรแกรม AutoCAD	32
2.9.1 AutoCAD	32
2.9.2 หน้าจอโปรแกรม AutoCAD 2012	33
2.9.3 การใช้ Function Keyboard ในโปรแกรม AutoCAD	37
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	41
3.1 ระบบ Hardware ในการควบคุมแกนกล	41
3.1.1 Actuator	41
3.1.2 Controller	43
3.1.3 Power Supply	45
3.1.4 Port	45
3.2 ระบบ Software ในการควบคุมแกนกล	47
3.2.1 AutoCAD 2012	47
3.2.2 PC Interface Software for X-SEL	47
3.3 การติดตั้งระบบการควบคุมแกนกล	49

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
คำย่อและสัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีการดำเนินการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบแขนกล (Robot Arm System)	3
2.2 หุ่นยนต์คืออะไร	3
2.2.1 หลักการพื้นฐานของหุ่นยนต์	3
2.2.2 ความหมายของหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ	4
2.2.3 องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์	4
2.2.4 การแบ่งชนิดหุ่นยนต์	5
2.2.5 การแบ่งแยกตามการเคลื่อนที่	6
2.2.6 การแบ่งชนิดของข้อต่อหุ่นยนต์	6
2.2.7 การแบ่งตามลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์	8
2.3 Actuator	13
2.4 Controller	14
2.4.1 ความหมายของ Controller	14
2.4.2 X-SEL Controller	15
2.4.3 การอ่านซีรูนของ Controller	17
2.4.4 Code แสดงสถานะ	18

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ การช่วยเหลือและการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.อาภาภรณ์ สกฤตกระเวก และ ผศ.ดร.ราชศักดิ์ ศักดานุภาพ ที่เป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆตลอดจนโครงการพิเศษเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ นายชานน ทพโยทัย ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นในการใช้เครื่องมือเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ที่ขาดไม่ได้คือ ขอขอบคุณครอบครัวของผู้จัดทำ ที่คอยให้กำลังใจ คำชี้แนะ คอยสนับสนุนและเป็นแรงผลักดันให้คณะผู้จัดทำซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจัดทำโครงการพิเศษนี้

จิตฐิตา มีลาภ

ดารณี พานิชการ

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 วิธีการทดลอง	50
3.4.1 การทดสอบความแม่นยำของแกนกลแกน X,Y ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ ไปกลับ	50
3.4.2 การทดลองการสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐาน	56
3.4.3 การทดลองการสร้างรูปอื่นๆด้วยเรขาคณิตพื้นฐาน	59
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	63
4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่โดยวิธีการเคลื่อนแกนไป – กลับ	63
4.2 ผลการทดลองการสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐาน	65
4.2.1 รูปสามเหลี่ยมทั่วไป	65
4.2.2 รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว	66
4.2.3 รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก	67
4.2.4 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า	68
4.2.5 รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	71
4.2.6 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	72
4.2.7 รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน	73
4.2.8 รูปสี่เหลี่ยมคางหมู	74
4.2.9 รูปห้าเหลี่ยม	77
4.2.10 รูปหกเหลี่ยม	79
4.2.11 รูปวงกลม	81
4.3 ผลการทดลองการสร้างรูปอื่นๆด้วยเรขาคณิตพื้นฐาน	83
4.3.1 รูปดาว	83
4.3.2 รูปเพชร	84
4.3.3 รูปบ้าน	85
4.3.4 รูปปลา	86
4.3.5 รูปดอกไม้	87
4.3.6 รูปนกฮูก	88
4.3.7 รูปนก	89
4.3.8 รูปเปิด	90
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผลการวิจัย	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารอ้างอิง	92
ภาคผนวก	94



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความหมายของหุ่นยนต์ และ ระบบอัตโนมัติ	4
2.2 ชนิดของข้อต่อหุ่นยนต์	6
2.3 ขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์ที่ขึ้นอยู่กับแกนหลัก	7
2.4 แสดงชื่อและหน้าที่ของ X-SEL CONTROLLER	16
2.5 แสดงชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของคอนโทรลเลอร์	20
2.6 ข้อดีและข้อเสียของ RS-232	21
2.7 แสดงองค์ประกอบของ Switching Power Supply	23
2.8 การใช้ function keyboard ในโปรแกรม AutoCAD	38
2.9 อธิบายคำสั่งและหน้าที่	39
4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ในแนวแกน X,Y ในระยะต่างๆตามที่กำหนด	64
4.2 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	64
4.3 ผลการทดลองการสร้างรูปสามเหลี่ยมทั้ง 4 ชนิดเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCAD เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้	69
4.4 ค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปสามเหลี่ยม	70
4.5 ผลการทดลองการสร้างรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 4 ชนิดเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCAD เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้	75
4.6 ค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปสี่เหลี่ยม	76
4.7 ผลการทดลองการสร้างรูปห้าเหลี่ยมเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม Auto cad เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้	78
4.8 ค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปห้าเหลี่ยม	78
4.9 ผลการทดลองการสร้างรูปหกเหลี่ยมเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCAD เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้	80
4.10 ค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปหกเหลี่ยม	80
4.11 ผลการทดลองการสร้างรูปวงกลมเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCADเปรียบเทียบ กับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้	82
4.12 ค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปวงกลม	82

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพเปรียบเทียบร่างกายของมนุษย์กับแขนกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	5
2.2 (a) Cartesian Robot	8
(b) Work Envelop Of Cartesian Robot	
2.3 (a) Cylindrical Robot	9
(b) Work Envelop Of Cylindrical Robot	
2.4 (a) Spherical Robot (Polar)	10
(b) Work Envelop Of Spherical Robot (Polar)	
2.5 (a) SCARA ROBOT	11
(b) Work Envelop Of SCARA ROBOT	
2.6 (a) Articulated Arm Robot	12
(b) Work Envelop Of Articulaed Robot	
2.7 Actuator ในแนวแกน X และ Y	13
2.8 Actuator ในแนวแกน Z	13
2.9 แสดงโครงสร้างภายนอกของ X-SEL CONTROLLER	15
2.10 X-SEL CONTROLLER	15
2.11 วิธีการอ่านชื่อรุ่นของคอนโทรลเลอร์	17
2.12 code แสดงสถานะ ในApplication	18
2.13 โครงสร้างภายนอกของ Robo Cylinder controller	19
2.14 แสดงชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของคอนโทรลเลอร์	19
2.15 สาย RS232C ใช้เชื่อมต่อเข้ากับคอนโทรลเลอร์ X-SEL	22
2.16 แสดงแผนผัง Switching Power Supply	24
2.17 หน้าจอออนไลน์ (ตัวควบคุม X-SEL-J / K หรือ TT)	25
2.18 แสดงหน้าจอออฟไลน์	25
2.19 อธิบายปุ่มเฉพาะแกน	28
2.20 การยืนยัน (X-SEL-J/K, P/Q, TT, SSEL, ASEL, PSEL, TTA, MSE-PCX/PGX)	30
2.21 การยืนยัน (X-SEL-JX/KX, PX/QX)	30
2.22 แสดงการยืนยัน	30
2.23 ข้อมูลตำแหน่ง & ไอคอนเครื่องมือในโปรแกรมแกน Z	31
2.24 โหมดการทำงานของ RC ซอฟต์แวร์	31

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 แสดงสัญลักษณ์ของโปรแกรม AutoCAD	32
2.26 หน้าจอการทำงาน (work space)	33
2.27 หน้าจอการทำงานแบบ 2D Drafting & Annotation	34
2.28 การเปิดใช้งาน Manu Bar	34
2.29 หน้าจอการทำงานแบบ 3D Modeling	35
2.30 หน้าจอการทำงานแบบ Auto CAD Classic	35
2.31 หน้าจอการทำงานแบบ Initial Setup Workspace	36
2.32 หน้าต่างส่วนประกอบเบื้องต้นของโปรแกรม	37
2.33 function keyboard	37
3.1 Actuator ในแนวแกน X Model : ISDCR-S-I-60-16-200-T1-M-EM-NSE-SP	41
3.2 Actuator ในแนวแกน Y Model : ISDCR-S-I-60-16-200-T1-M-EM-NSE-SP	42
3.3 ROBO CYLINDER แกน Z Model : RCP1-RSW-I-PM-10-100-P1-M-B-G1-SU-SCB35-NS-SP	43
3.4 แสดงแกนกลในแนวแกน X,Y,Z	43
3.5 X-SEL CONTROLLER MODEL : XSEL-J-2-60I-N1-EEE-2-2	44
3.6 ROBO CYLINDER CONTROLLER MODEL : RCP-2-RMA-I-PM-0	44
3.7 Switching Power Supply แรงดันไฟฟ้า 24 V 5 A	45
3.8 RS – 232 25 Pin to 9 Pin	46
3.9 (a) สายเชื่อมต่อที่ Robo Cylinder Controller Model : CB-RCA-SIO050	46
(b) USB conversion Adapter Model : RCB-CV-USB	
(c) สาย USB เชื่อม Computer Model : CB-SEL-USB010	
3.10 หน้าโปรแกรม AutoCAD 2012	47
3.11 หน้าโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ของแกน X,Y	47
3.12 หน้าโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ของแกน Z	48
3.13 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างแกนกล 3 แกน , Controller และ Power Supply	49
3.14 แสดงการติดตั้งสอเข้ากับแกน Z	50
3.15 แสดงหน้าโปรแกรม AutoCAD 2012	50
3.16 แสดงตำแหน่งในแกน X,Y ที่ระยะต่างๆตามที่กำหนด	51
3.17 แสดงการนำตำแหน่งลงในโปรแกรม Microsoft Excel 2013	51
3.18 แสดงหน้าโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL	52

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19 เลือก transmit to controller	52
3.20 แสดงขั้นตอนการส่งข้อมูลเข้าสู่ controller	53
3.21 แสดงการเขียนคำสั่งในโปรแกรมเพื่อควบคุมแกน X และแกน Y ไปตามระยะที่กำหนด	53
3.22 แสดงการควบคุมแกน Z เพื่อให้ปากกาแตะกระดาษ	54
3.23 แสดงปากกาที่แตะกระดาษ	54
3.24 แสดงการเคลื่อนที่ไปตามระยะที่กำหนด	55
3.25 แสดงรูปสามเหลี่ยมทั่วไปใน AutoCAD	56
3.26 แสดงค่าพิกัดจากโปรแกรม AutoCAD	56
3.27 แสดงค่าพิกัดในโปรแกรมเพื่อสร้างสามเหลี่ยมด้านเท่า	57
3.28 แสดงค่าตำแหน่งในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL เพื่อให้ปากกาแตะกระดาษพอดี	57
3.29 แสดงขั้นตอนการลากเส้นจากพิกัดในโปรแกรม AutoCAD เมื่อ	58
(a) พิกัดเริ่มต้นของสามเหลี่ยมทั่วไป (b) พิกัดที่สองของรูปสามเหลี่ยมทั่วไป	
(c) พิกัดที่สามของรูปสามเหลี่ยมทั่วไป (d) พิกัดสิ้นสุดของรูปสามเหลี่ยมทั่วไป	
3.30 แสดงรูปสามเหลี่ยมทั่วไปที่วาดจากแกนกลแกน X,Y	58
3.31 แสดงพิกัดรูปดาวในโปรแกรม AutoCAD	59
3.32 แสดงการเรียงค่าพิกัดในโปรแกรม Microsoft office excel	59
3.33 แสดงค่าพิกัดรูปดาวในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL	60
3.34 แสดงการปรับค่าตำแหน่งในโปรแกรมเพื่อทำให้ปากกาแตะกระดาษพอดี	60
3.35 แสดงขั้นตอนการลากเส้นจากพิกัดแรก รูป (a) จนถึงพิกัดสุดท้าย รูป (f)	61
3.36 แสดงรูปดาวที่วาดจากแกนกล	62
4.1 แสดงผลการทดลองที่ 5 ระยะการเคลื่อนที่	63
(a) ระยะ 10 mm. (b) ระยะ 50 mm. (c) ระยะ 100 mm.	
(d) ระยะ 150 mm. (e) ระยะ 200 mm.	
4.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	65
(a) พิกัดรูปสามเหลี่ยมทั่วไปที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปสามเหลี่ยมทั่วไปที่วาดได้จากแกนกล	

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	66
(a) พิกัดรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่วาดได้จากแขนกล	
4.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	67
(a) พิกัดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่วาดได้จากแขนกล	
4.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	68
(a) พิกัดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่วาดได้จากแขนกล	
4.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	71
(a) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่วาดได้จากแขนกล	
4.7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	72
(a) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่วาดได้จากแขนกล	
4.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	73
(a) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่วาดได้จากแขนกล	
4.9 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	74
(a) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่วาดได้จากแขนกล	
4.10 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	77
(a) พิกัดรูปห้าเหลี่ยมที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปห้าเหลี่ยมที่วาดได้จากแขนกล	
4.11 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง	79
(a) พิกัดรูปหกเหลี่ยมที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD	
(b) พิกัดรูปหกเหลี่ยมที่วาดได้จากแขนกล	

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปวงกลมที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปวงกลมที่วาดได้จากแขนกล	81
4.13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปดาวที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปดาวที่วาดได้จากแขนกล	83
4.14 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปเพชรที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปเพชรที่วาดได้จากแขนกล	84
4.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปบ้านที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปบ้านที่วาดได้จากแขนกล	85
4.16 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปปลาที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปปลาที่วาดได้จากแขนกล	86
4.17 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปดอกไม้ที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปดอกไม้ที่วาดได้จากแขนกล	87
4.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปนกฮูกที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปนกฮูกที่วาดได้จากแขนกล	88
4.19 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปนกที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปนกที่วาดได้จากแขนกล	89
4.20 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง (a) พิกัดรูปเปิดที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD (b) พิกัดรูปเปิดที่วาดได้จากแขนกล	90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันธุรกิจต่างๆในประเทศไทยได้มีการนำระบบอัตโนมัติและเทคโนโลยีหุ่นยนต์เข้ามาใช้งานมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นทางด้านโรงงานอุตสาหกรรม, ทางด้านการแพทย์ และ ทางด้านการเกษตร เพื่อรักษาอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศไว้ เนื่องจากระบบอัตโนมัติและเทคโนโลยีหุ่นยนต์ได้ถูกกำหนดให้เป็น เครื่องยนต์ขับเคลื่อนความเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ภายใต้กรอบนโยบายไทยแลนด์ 4.0 นั่นก็คือ เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ซึ่งมีความเหมาะสมกับสถานการณ์ทางธุรกิจที่มีความท้าทายในทุกวันนี้ ทำให้องค์กรต่างๆพยายามแสวงหาวิธีการเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต และความสามารถในการแข่งขันเพื่อรักษาความยั่งยืนทางธุรกิจไว้ เมื่อเราพิจารณาถึงสิ่งที่ได้รับจากระบบอัตโนมัติมาใช้พบว่า เรามีการทำงานที่สะดวกสบายมากขึ้นและงานที่ออกมามีความแม่นยำ มีอัตราการผลิตที่สูงกว่าการทำงานด้วยมือและช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากการทำงานของมนุษย์ลงไปได้ซึ่งผลประโยชน์หลักที่ได้รับจากระบบการทำงานแบบอัตโนมัติเป็นผลเนื่องมาจากงานที่มีความอันตรายเกินกว่าที่จะเสี่ยงให้มนุษย์ทำ รวมไปถึงการขาดแคลนแรงงานฝีมือซึ่งเป็นช่องว่างที่ถูกเติมเต็มด้วยเทคโนโลยี จึงมีการนำระบบอัตโนมัติประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม PC Interface Software For X-SEL เพื่อควบคุมการทำงานของแขนกล
- 2) เพื่อศึกษาการทำงานหรือการควบคุมแขนกลเพื่อประยุกต์ต่อยอดต่างๆต่อไป

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) การใช้โปรแกรม PC Interface Software For X-SEL
- 2) ควบคุมแกน X แกน Y และแกน Z เพื่อไปยังตำแหน่งที่เราต้องการ
- 3) การสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐาน
- 4) การสร้างรูปอื่นๆจากเรขาคณิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้รับความรู้ในด้านการใช้โปรแกรมเพื่อควบคุมแกนX,Y และ Z
- 2) ได้ทราบส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง
- 3) ฝึกทักษะการใช้โปรแกรม PC Interface Software For X-SEL
- 4) ได้รับความรู้ในการทำงานของระบบอัตโนมัติ

1.5 วิธีการดำเนินการ

กิจกรรม	ระยะเวลา									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.
สืบค้นข้อมูล,จัดหาอุปกรณ์ และประกอบเครื่อง										
ติดตั้งโปรแกรม,ศึกษาการใช้ และทดลองใช้โปรแกรม										
เขียนโปรแกรมควบคุมแกน XYZเพื่อให้ไปยังตำแหน่งที่ ต้องการ										
สร้างรูปเรขาคณิตใน โปรแกรม AutoCAD เพื่อ กำหนดพิกัด										
การสร้างรูปเรขาคณิต พื้นฐานและการสร้างรูป อื่นๆจากเรขาคณิตพื้นฐาน										
สรุปผลและเขียนรายงาน										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันแขนกลได้ถูกนำไปใช้งานที่หลากหลายมากขึ้นและไม่ได้จำกัดเฉพาะในวงการอุตสาหกรรมเท่านั้น เช่น ทางการแพทย์ งานบริการ เป็นต้น แขนกลสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเฉพาะอย่างได้ เช่น การพ่นสี การเคลือบผิว การบรรจุ และการประกอบ เป็นต้น

2.1 ระบบแขนกล (Robot Arm System)

คือ ระบบการทำงานที่มีการใช้เครื่องจักรกลทำงานแทนทรัพยากรมนุษย์ ในกรณีนี้มีลักษณะเป็นเหมือนแขนของคน ใช้สำหรับงานที่มีการหยิบจับ และเคลื่อนย้ายวัตถุจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง การใช้งานของระบบแขนกล เหมาะสำหรับใช้ในงานที่มีความอันตรายเกินกว่าที่จะเสี่ยงให้มนุษย์ทำ เช่น งานหยิบจับวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงๆ รวมถึงการนำมาใช้งานที่มีรูปแบบเดิมซ้ำซาก เพราะจะสามารถตั้งโปรแกรมการทำงานของแขนกลให้ทำงานซ้ำแบบเดิมได้ จึงไม่เป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรมนุษย์ในการทำงาน และทำให้การทำงานไวขึ้น เนื่องจากไม่มีความเหนื่อยล้าเหมือนทรัพยากรมนุษย์

2.2 หุ่นยนต์คืออะไร

หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรที่ถูกควบคุมอัตโนมัติ สามารถเขียนโปรแกรมใหม่ได้ ใช้งานเอนกประสงค์โปรแกรมการเคลื่อนที่ที่จะต้องสามารถโปรแกรมให้เคลื่อนที่ได้อย่างน้อย 2 แกนหรือมากกว่า หุ่นยนต์อาจจะยึดอยู่กับที่หรือย้ายตำแหน่ง (Mobile) เพื่อใช้ในงานด้านต่างๆ

2.2.1 หลักการพื้นฐานของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ (Robot) คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ที่ทำงานด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติ ที่มีลักษณะโครงสร้างและการทำงานคล้ายหรือเสมือนกับมนุษย์ และสามารถทำงานที่ซ้ำๆ และซับซ้อนได้ดี

2.2.2 ความหมายของหุ่นยนต์ และ ระบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 2.1 ความหมายของหุ่นยนต์ และ ระบบอัตโนมัติ

หุ่นยนต์(Robot)	ระบบอัตโนมัติ(Automation System)
เครื่องจักรกลอัตโนมัติทุกชนิดที่ออกแบบให้สามารถทำงานแทนมนุษย์ในงานทุกประเภทที่มนุษย์ไม่สามารถทำได้ โดยสามารถทำงานด้วยคำสั่งเดิมซ้ำๆ ในรูปแบบที่ซับซ้อนและมีความยืดหยุ่นได้ดี	ระบบใดๆ หรือกลไกที่สามารถเริ่มทำงานได้ด้วยตัวเอง โดยทำงานตามโปรแกรมที่วางไว้ เช่น ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ ระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ ฯลฯ เป็นต้น
เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนไหวได้โดยมีการทำงานจากโปรแกรมการตัดสินใจ และสามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานให้ทำงานได้หลากหลายหน้าที่ เช่น ตอบสนองต่อข้อมูลหรือสัญญาณที่ได้จากสิ่งแวดล้อม เป็นต้น	ระบบที่ออกแบบด้วยกลไกอิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และ คอมพิวเตอร์ ให้สามารถทำงานได้ด้วยตนเอง ซึ่งมนุษย์อาจจะเกี่ยวข้องเพียงการกำหนดเงื่อนไขหรือเป้าหมายในการทำงานส่วนใหญ่เพื่อช่วยในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

เมื่ออ่านจากความหมายข้างต้นแล้วจะพบว่า หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติมีความคล้ายกันในแง่ของการเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติ (Automation Machine) ซึ่งหุ่นยนต์สามารถเป็นส่วนหนึ่งในระบบอัตโนมัติได้จากการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงาน ทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ดีขึ้น

2.2.3 องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์

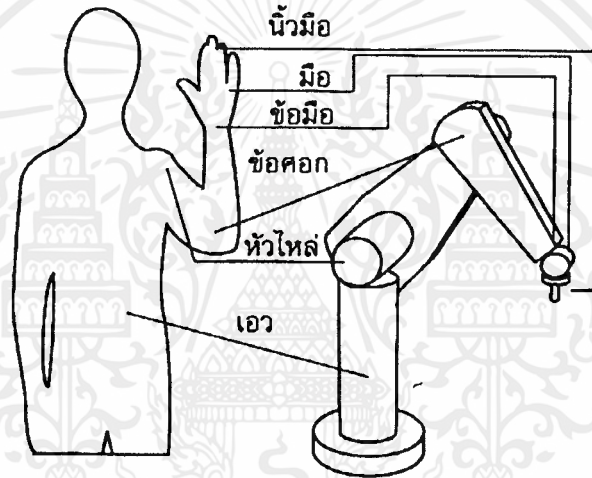
สำหรับองค์ประกอบที่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนสำหรับหุ่นยนต์ คือ องค์ประกอบของระบบในการควบคุมหุ่นยนต์ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลักซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่

1. Programming Pendant : อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการป้อนคำสั่งโดยผู้ควบคุมหรือผู้ใช้งาน
2. Controller : ส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน ผ่าน Programming Pendant และนำมาประมวลผล เพื่อทำการควบคุมหรือสั่งการทำงานของหุ่นยนต์ต่อไป
3. Manipulator : หรือเรียกง่ายๆ ว่า “ตัวหุ่นยนต์” ที่จะทำงานตามคำสั่งที่ผ่านการประมวลผลจาก Controller

2.2.4 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ มีดังนี้

1. หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

เป็นหุ่นยนต์ที่มีโครงสร้างคล้ายกับร่างกายของมนุษย์คือ มีเอว ข้อศอก แขน และข้อมือ คำว่า แขนกล หมายถึงแขนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม การออกแบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นการประยุกต์รวมเอาวิศวกรรมในหลายสาขาที่แตกต่างกัน ได้แก่ วิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมอุตสาหการออกแบบสร้างหุ่นยนต์ให้มีโครงสร้างกลไกเชื่อมโยงต่อกัน เลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน และวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อเลือกใช้ชนิดของมอเตอร์และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ และวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือPLC (Program Logic Controller) และหุ่นยนต์ เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ดังแสดงในรูปที่2.1



รูปที่ 2.1 ภาพเปรียบเทียบร่างกายของมนุษย์กับแขนกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

หุ่นยนต์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมจะเป็นหุ่นยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้(Fixed Robot) เคลื่อนที่ได้เฉพาะแขนกล เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในการหยิบจับและวางชิ้นงาน หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีลักษณะโครงสร้างที่ใหญ่โตและมีน้ำหนักมากใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายภายนอก และจะมีการเขียนโปรแกรมกำหนดขอบเขตการเคลื่อนที่ของแขนกล ให้แขนกลของหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ตามโปรแกรมที่กำหนดเอาไว้

2. หุ่นยนต์ที่ไม่ใช้ในงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์ประเภทนี้ได้แก่

- หุ่นยนต์ทางการศึกษา
- หุ่นยนต์ที่ใช้ทางการแพทย์ เพราะหุ่นยนต์จะติดตั้ง อยู่กับที่ สามารถเคลื่อนไหวไปมา

เฉพาะแขนกลที่ใช้ในการผ่าตัด

- หุ่นยนต์ที่ใช้ในพื้นที่อันตราย เช่น สนามกับระเบิด ค้นหาระเบิด หรือบริเวณที่มีสารเคมี

อันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.2.5 การแบ่งแยกตามการเคลื่อนที่ มีดังนี้

1. หุ่นยนต์ที่ไม่มีการเคลื่อนที่ (Fixed Robot) คือ หุ่นยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยหุ่นยนต์จะถูกติดตั้งอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เคลื่อนที่ได้เฉพาะแขนกล เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในการหยิบจับและวางชิ้นงาน จะมีการเขียนโปรแกรมกำหนดขอบเขตการเคลื่อนที่ของแขนกล ให้แขนกลของหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปตามโปรแกรมที่กำหนดเอาไว้
2. หุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ (Mobile Robot) คือ หุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง หรือเคลื่อนที่ไปตามสถานที่ต่างๆตามโปรแกรมที่เขียนป้อนให้กับหุ่นยนต์

2.2.6 การแบ่งชนิดของข้อต่อหุ่นยนต์

โดยทั่วไปการแบ่งชนิดของหุ่นยนต์จะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่ทำงาน (Envelope Geometric) แต่ก่อนจะอธิบายชนิดของหุ่นยนต์ขออธิบายการทำงานของจุดต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมซึ่งในขั้นพื้นฐานมี 2 ชนิดด้วยกัน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดของข้อต่อหุ่นยนต์

ชนิด	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
Revolute (R)		เป็นการหมุน รอบแกน (Rotary)
Prismatic (P)		การเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear motion)

จุดต่อ (Joint) ทั้งสองแบบเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันอย่างน้อย 3 แกนหลักจะได้พื้นที่ทำงาน (Work envelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำมาแบ่งชนิดได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์ที่ขึ้นอยู่กับแกนหลัก

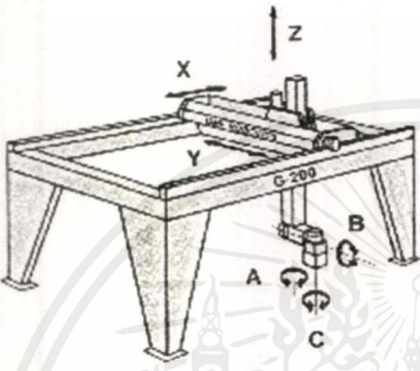
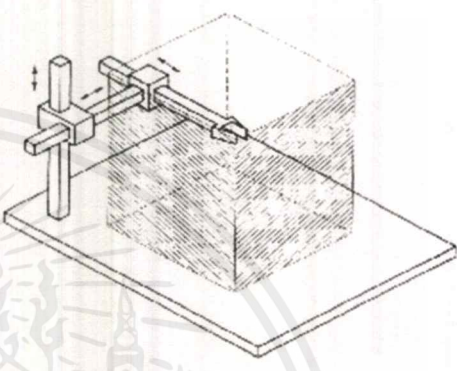
ชนิดของ หุ่นยนต์	แกนที่ 1 (เอว)	แกนที่ 2(เอว)	แกนที่ 3 (ข้อศอก)
Cartesian (gantry) Robot	P	P	P
Cylindrical Robot	R	P	P
Spherical (Polar) Robot	R	R	P
SCARA Robot	R	P	R
Articulated Robot	R	R	R
R = Revolute (การเลื่อน) , P = Prismatic (การหมุน)			



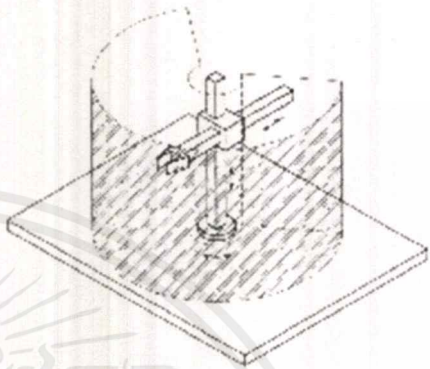
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ชนิดการทำงานของหุ่นยนต์ แบ่งตามลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์

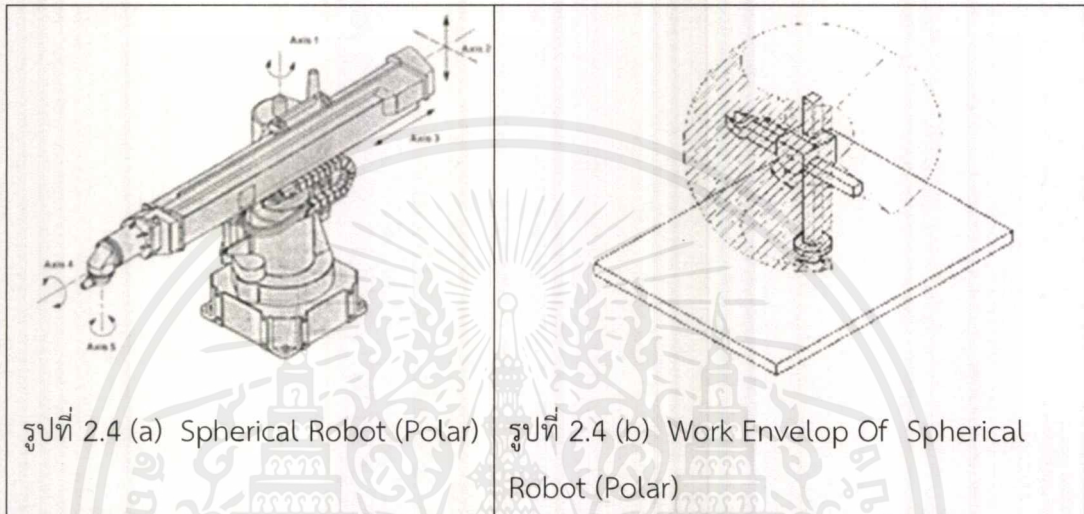
1. หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน หรือ หุ่นยนต์พิกัดฉาก (Cartesian (gantry) Robot) แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ดังรูปที่ 2.2a และ รูป 2.2b โดยข้อมือจะเคลื่อนขึ้น-ลง,เข้า-ออกและเดินหน้า-ถอยหลัง ทำให้พื้นที่ในการทำงานที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมมุมฉาก

 <p>รูปที่ 2.2 (a) Cartesian Robot</p>	 <p>รูปที่ 2.2 (b) Work Envelop Of Cartesian Robot</p>
<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ - การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย - มีส่วนประกอบง่าย ๆ - โครงสร้าง แข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่ 	<p>ข้อเสีย</p> <ul style="list-style-type: none"> - ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก - บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้ จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์ - ไม่สามารถ เข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้ - แกนแบบเชิงเส้นจะ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก
<p>- การประยุกต์ใช้งาน</p> <p>เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับการเคลื่อนย้ายของหนัก ๆ หรือเรียกว่างาน Pick-and-Place เช่น ใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading) ,ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมทมน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงาน Test ต่าง ๆ</p>	

2.Cylindrical Robot หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีแกนที่ 2 (ไหล) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) เป็นแบบ prismatic ส่วนแกนที่ 1 (เอว) จะเป็นแบบหมุน (revolute) ทำให้การเคลื่อนที่ได้พื้นที่การทำงานเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูปที่ 2.3a และ 2.3b โดยจะมีการเคลื่อนที่แบบในพื้นที่ยังทรงกระบอก คือ ขึ้น - ลง, เข้า - ออก ตามแนวรัศมี, หมุนรอบแกน

 <p>รูปที่ 2.3 (a) Cylindrical Robot</p>	 <p>รูปที่ 2.3 (b) Work Envelop Of Cylindrical Robot</p>
<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน - การเคลื่อน ที่สามารถเข้าใจได้ง่าย - สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่มีการเปิด-ปิด หรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย (Loading) เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC 	<p>ข้อเสีย</p> <ul style="list-style-type: none"> - มี พื้นที่ทำงานจำกัด - แกนที่เป็นเชิงเส้นมีความยุ่งยากในการ seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลว
<ul style="list-style-type: none"> - การประยุกต์ใช้งาน <p>โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน (Pick-and-Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็ก ๆ ได้สะดวก</p>	

3. หุ่นยนต์พิกัดทรงกลม (Spherical Robot (Polar)) มีสองแกนที่เคลื่อนในลักษณะการหมุน (Revolute Joint) คือ แกนที่ 1 (เอว) และ แกนที่ 2 (ไหล่) ส่วน แกนที่ 3 (ข้อศอก) จะเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนจะสามารถยกขึ้นยกลงได้ในแนวตั้งโดยยกทำมุมกับฐานแขนสามารถหมุนได้รอบแกนแนวตั้งของฐาน ดังรูปที่ 2.4a และ 2.4b พื้นที่ในการทำงานเป็นแบบทรงกลมคือคือ หมุนซ้าย - ขวา, หมุนขึ้น - ลง, เลื่อนเข้า - ออกตามแนวรัศมี ดังรูป



ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - มีปริมาตรการทำงานมากขึ้น เนื่องจากการ หมุนของแกนที่ 2 (ไหล่) - สามารถที่จะก้มลงมาจับชิ้นงาน บนพื้นได้ สะดวก 	<ul style="list-style-type: none"> - มี ระบบพิกัด (Coordinate) และ ส่วนประกอบ ที่ซับซ้อน - การเคลื่อนที่และ ระบบควบคุมมีความ ซับซ้อนขึ้น

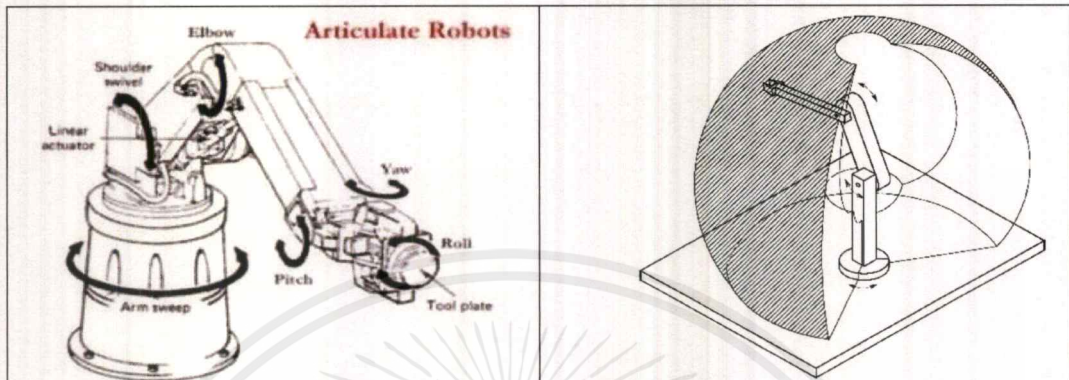
- การประยุกต์ใช้งาน
ใช้ ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงาน เข้าออกจากเครื่องปั๊ม (Press) หรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding)

4. หุ่นยนต์ SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) เป็นแขนกลที่เคลื่อนที่มีแกนหมุน 2 แกนขนานกัน เพื่อเคลื่อนที่ได้บนระนาบ และอีกแกนสำหรับขึ้น - ลงจะมีลักษณะแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) หมุนรอบแกนแนวตั้ง และแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง (Prismatic) พื้นที่ในการทำงานค่อนข้างซับซ้อนขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ของสองแกนแรก ดังรูปที่ 2.5a และ 2.5b หุ่นยนต์ SCARA จะเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในแนวระนาบ และมีความแม่นยำสูง

 <p>รูปที่ 2.5 (a) SCARA ROBOT</p>	 <p>รูปที่ 2.5 (b) Work Envelop Of SCARA ROBOT</p>
<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว - มีความแม่นยำสูง 	<p>ข้อเสีย</p> <ul style="list-style-type: none"> - มีพื้นที่ทำงานจำกัด - ไม่สามารถหมุน (rotation) ในลักษณะมุมต่างๆได้ - สามารถ ยกน้ำหนัก (Payload) ได้ไม่มากนัก
<ul style="list-style-type: none"> - การประยุกต์ใช้งาน <p>เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับ งานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่ง ต้องการความเร็วและการเคลื่อนที่ที่ไม่ต้องการ การหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical part)ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน(rotation)ในลักษณะมุมต่างๆ นอกจากนี้ Scara robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)</p>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หุ่นยนต์ข้อต่อหมุน (Articulated Arm (Revolute)) ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนคน ซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบน ท่อนแขนล่าง ข้อมือ การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงาน ดังรูปที่ 2.6a และ 2.7b



รูปที่ 2.6 (a) Articulated Arm Robot

รูปที่ 2.6 (b) Work Envelop Of Articulaed Robot

ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - เนื่องจากทุกแกนจะเคลื่อนที่ในลักษณะ ของการหมุนทำให้มีความยืดหยุ่นสูงในการเข้าไปยังจุด ต่างๆ - บริเวณข้อ ต่อ (Joint) สามารถ Seal เพื่อป้องกันฝุ่น ความชื้น หรือน้ำ ได้ง่าย - มี พื้นที่การทำงานมาก - สามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งจากด้านบน ด้านล่าง - เหมาะ กับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นชุดขับเคลื่อน 	<ul style="list-style-type: none"> - มีระบบพิกัด (Coordinate) ที่ซับซ้อน - การเคลื่อนที่และระบบควบคุมทำความ เข้าใจได้ยากขึ้น - ควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) ได้ยาก - โครงสร้างไม่มั่นคงตลอด ช่วงการเคลื่อนที่ เพราะบริเวณขอบ Work envelope ปลายแขนจะ - มีการสั่น ทำให้ความแม่นยำลดลง
<ul style="list-style-type: none"> - การประยุกต์ใช้งาน หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่าง ๆ ได้ดี เช่นงานเชื่อม Spot Welding, Path Welding ,งานยกของ , งานตัด ,งานทากาว , งานที่มีการเคลื่อนที่ยาก ๆ เช่น งานพันสี งาน sealing ฯลฯ 	

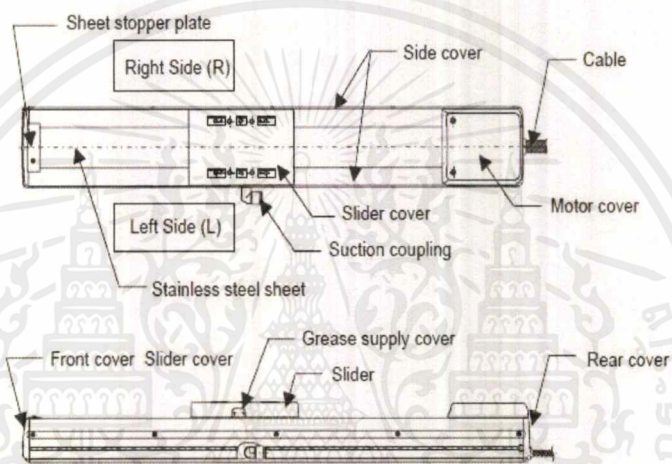
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Actuator

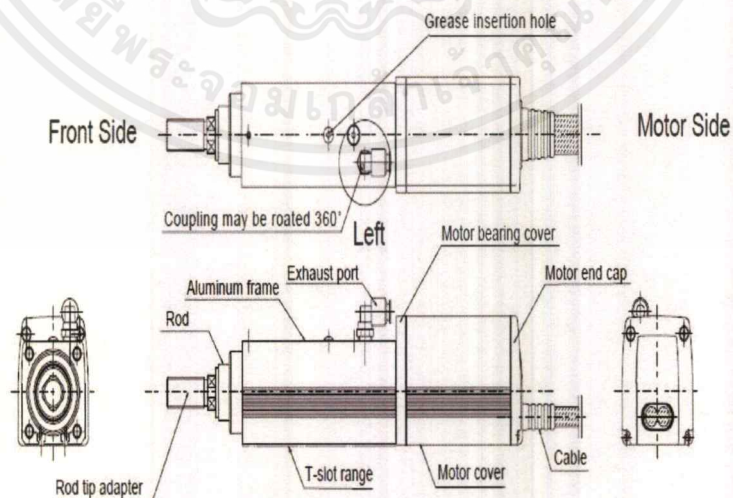
อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าให้กลายเป็นการกระจัด การเคลื่อนที่ หรือ แรง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า

Actuator ที่ใช้ในแนวแกน X และ Y MODEL I SDCR-S-I-60-16-200-T1-M-EM-NSE-SP SERIAL No. 600129146 MADE IN JAPAN ดังรูปที่ 2.7

Actuator ในแนวแกน Z MODEL RCP1-RSW-I_PM-10-100-P1-M-B-G1-SU-SCB35-NS-SP SERIAL No. 600129122 ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 Actuator ในแนวแกน X และ Y



รูปที่ 2.8 Actuator ในแนวแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Controller

2.4.1 Controller

ตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือขบวนการต่างๆ ซึ่งอาจทำขึ้นมาจากวงจรไฟฟ้ากลไก PLC Micro-Controller ก็คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน โดยเน้นความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเองและง่ายต่อการนำไปใช้งานหรือแก้ไขตัดแปลง Micro Controller ทั่วไปประกอบด้วย

- CPU (Central Processing Unit)
- RAM (Random Access Memory)
- EPROM/PROM/ROM (Erasable Programmable Read Only Memory)
- I/O Input/Output

2.3.1.1 ความสามารถของ PLC หรือ Programmable Logic Control สามารถควบคุมได้ 2 ประเภท คือ แบบ Closed Loop และ Open Loop

1.ระบบการควบคุม Closed Loop

เป็นระบบควบคุมแบบหนึ่ง ซึ่งสัญญาณทางด้าน Out-put มีผลโดยต้องการควบคุม ดังนั้น การควบคุมแบบ Closed Loop ก็คือการควบคุมแบบป้อนกลับ Feedback Control สัญญาณป้อนกลับนี้อาจจะเป็นสัญญาณ Out-put โดยตรง หรือสัญญาณที่เป็นฟังก์ชันของสัญญาณ Out-put หรือค่าอนุพันธ์ของสัญญาณ Out-put ก็ได้

ระบบการควบคุมแบบ Closed Loop นั้นสามารถพบเห็นได้ทั่วไปทั้งในงานอุตสาหกรรมหรือตามบ้านเรือน ตัวอย่างการควบคุมแบบ Closed Loop ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิ การควบคุมแรงดัน ระบบการควบคุมกระบวนการตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านเรือน

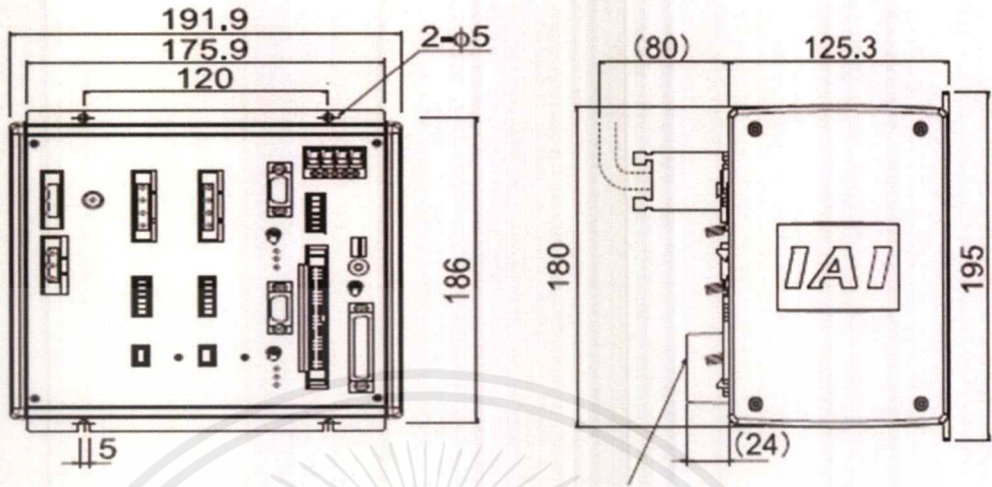
2. ระบบการควบคุมแบบ Open Loop

สำหรับระบบการควบคุมแบบ Open Loop เป็นระบบควบคุม ที่ Out-put ของระบบจะไม่มีผลต่อการควบคุมเลย นั่นคือในกรณีของระบบการควบคุมแบบ Open Loop ซึ่ง Out-put ของระบบควบคุมของระบบจะไม่ถูกทำการวัดหรือป้อนกลับเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับ In-put การควบคุมการเปิดปิดไฟ สัญญาณไฟจราจรการควบคุมสายพานลำเลียง เป็นต้น

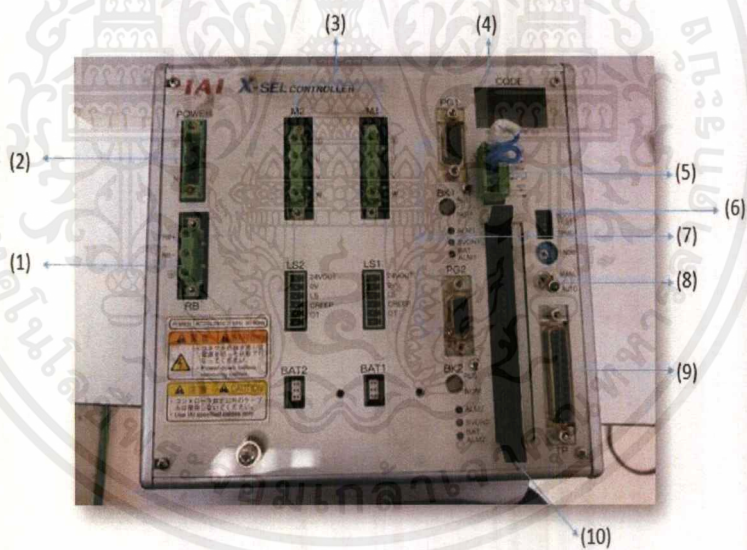
สำหรับการควบคุมแบบ Open Loop นั้น Out-put ไม่ได้นำมาเปรียบเทียบกับ In-put ดังนั้นความเที่ยงตรงของระบบจะขึ้นอยู่กับ การปรับเทียบ ในทางปฏิบัติแล้วเราสามารถให้การควบคุมแบบ Open Loop ได้ถ้าเราทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่าง In-put และ Out-put ระบบ และระบบควบคุมที่ทำตามเวลาที่กำหนดไว้ จะเป็นการควบคุมแบบ Open Loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 X-SEL CONTROLLER



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างภายนอกของ X-SEL CONTROLLER



รูปที่ 2.10 X-SEL CONTROLLER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงชื่อและหน้าที่ของ X-SEL CONTROLLER

หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
1	External regenerative unit connector	ใช้เชื่อมต่อตัวต้านทานเข้ากับคอนโทรลเลอร์ที่มีโหลดสูง
2	AC input connector	ขั้วต่ออินพุต 200-VAC แบบเฟสเดียว
3	Motor connector	ใช้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ภายใน Actuator
4	Panel window	ประกอบด้วยจอแสดงผลที่ระบุสถานะของอุปกรณ์
5	System I/O connector	ใช้เพื่อเชื่อมต่อสวิตช์ฉุกเฉิน
6	System-operation setting switches (compact type only)	ตั้งค่าโหมดการทำงานของระบบ โดยสวิตช์ทั้งหมดจะอยู่ในโหมดปิด
7	Encoder connector	ใช้สำหรับเชื่อมต่อตัวเข้ารหัสของ Actuator
8	Mode switch	เป็นสวิตช์ที่ใช้เพื่อควบคุมโหมดการทำงานของคอนโทรลเลอร์
9	Teaching-pendant connector	ใช้เพื่อป้อนข้อมูลโปรแกรมและข้อมูลตำแหน่ง
10	Standard I/O connector	เป็นตัวเชื่อมต่อที่ประกอบด้วย 32 -DIO อินพุต / 16 เอาท์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 วิธีการอ่านชื่อรุ่นของคอนโทรลเลอร์

(MODEL XSEL-J-2-60I-N1-EEE-2-2)

XSEL - K - 3 - 400A - 200ACL - 60ABL - N1 - EEE - 2 - 2														
Model table														
Series	Controller type	Number of axes	Details of axis 1 to axis 4					Synchronization Designation	Standard I/O (Slot 1)	Expansion I/O slots			I/O Flat cable length	Power-supply voltage
			Motor Output	Encoder type	Brake	Creep	Home Sensor (LS)			Slot 2	Slot 3	Slot 4		
XSEL	J (Compact type)	1 (1-axis) 2 (2-axis) 3 (3-axis) 4 (4-axis)	20 (20W) 30D (30W for DS) 30R (30W for RS)	I (Incremental) A (Absolute)	Not Specified (w/o brake) B (w/ brake)	Not Specified (w/o creep) C (w/ creep)	Not Specified (w/o home sensor) L (w/ home sensor)	Not Specified (No synchronization) M (Master-axis designation) S (Slave-axis designation)	N1 32 inputs/ 16 outputs NPN board	E (Not used) C CC-Link connection 16/16 board	E (Not used) C CC-Link connection 16/16 board	E (Not used) C CC-Link connection 16/16 board	2 : 2m (Standard) 3 : 3m 5 : 5m 0 : None	1: Single-phase 100V 2: Single-phase 200V
	K (General-Purpose type)		60 (60W) 100 (100W) 150 (150W) 200 (200W) 300 (300W) 400 (400W) 600 (600W) 750 (750W)											
	KE (CE-compliant)													
	KT (*1)													
	KET (CE-compliant) *1													

รูปที่ 2.11 วิธีการอ่านชื่อรุ่นของคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 Code แสดงสถานะ

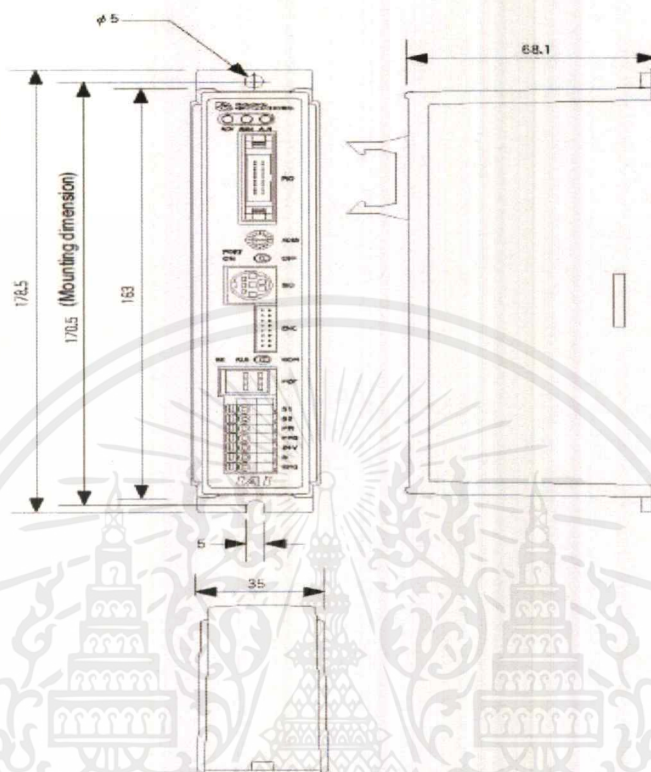
2-1. Application			
Display	Priority (*1)	Description	
ACF	1	AC power is cut off (including momentary power failure or drop in power-source voltage).	
EXX	1	System-down level error	
FD	2	Writing data to the flash ROM.	
EG	3	Emergency stop is being actuated (except during the update mode).	
OPG	4	Safety gate is open (except during the update mode).	
EXX	5	Cold-start level error	
EXX	5	Cold-start level error	
EXX	5	Operation-cancellation level error	
EXX	5	Operation-cancellation level error	
-	6	Waiting for a drive-source cutoff reset input (except during the update mode).	
-	6	Operation is in pause (waiting for restart) (except during the update mode).	
-	7	All servo axes are interlocked (except during the update mode).	
EXX	8	Message level error	
EXX	8	Message level error	
UD	9	Core update mode	
UD	9	Core update is in progress.	
UD	9	Core update has completed.	
SD	9	Slave update mode	
SD	9	Slave update is in progress.	
SD	9	Slave update has completed.	
PP	9	Running a program (last started program); "No." indicates program number.	
EXX	9	Initialization sequence number	
DB	9	Debug mode	
RD	9	Ready status (auto mode)	
RD	9	Ready status (manual mode)	
DSF	10	Deadman switch OFF (manual mode)	

รูปที่ 2.12 code แสดงสถานะ ในApplication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

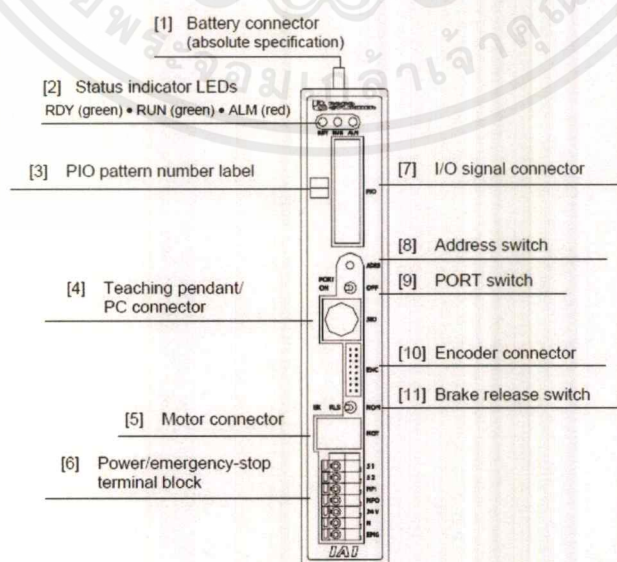
2.5 Robo Cylinder controller

2.5.1 โครงสร้างภายนอกของ Robo Cylinder controller



รูปที่ 2.13 โครงสร้างภายนอกของ Robo Cylinder controller

2.5.2 ชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.14 แสดงชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของคอนโทรลเลอร์

เลข	ชื่อ	หน้าที่
1	Battery connector	ตัวเชื่อมต่อสำหรับแบตเตอรี่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล
2	Status indicator LEDs	ไฟแสดงสถานะ
3	PIO pattern number label (IOPN)	เป็นป้ายหมายเลขที่ใช้บันทึกรูปแบบ PIO ที่เลือกในพารามิเตอร์
4	Teaching pendant/PC connector (SIO)	สายเคเบิลนี้ใช้สำหรับเชื่อมโยงคอนโทรลเลอร์สองตัวขึ้นไปเพื่อเปิดใช้การสื่อสารแบบอนุกรมระหว่างกัน
5	Motor connector (MOT)	ตัวเชื่อมต่อสำหรับสายไฟมอเตอร์ของแอกชูเอเตอร์
6	Power/emergency-stop terminal block	S1,S2 คือระบบเอาต์พุตปุ่มหยุดฉุกเฉิน MPI, MPO แทนด้านอินพุตและเอาต์พุต ตามลำดับ ถ้าไม่ต้องการใช้ ให้นำสายไฟเชื่อมต่อทั้ง MPI และ MPO เข้าด้วยกัน 24V คือ ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ 24 V N คือ ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ 24 V EMG คือ อินพุตหยุดฉุกเฉิน
7	I/O signal connector (PIO)	ขั้วต่อสาย PIO ไปยังโฮสต์คอนโทรลเลอร์
8	Address switch (ADRS)	สวิตช์สำหรับการตั้งค่าแกนควบคุม
9	PORT switch (PORT)	สวิตช์สำหรับเปิด / ปิด PORT แบบอนุกรม
10	Encoder connector (ENC)	ตัวเชื่อมต่อสำหรับสายเคเบิลตัวเข้ารหัส / เบริคของแอกชูเอเตอร์
11	Brake release switch (BK)	สวิตช์สำหรับบังคับให้ปล่อยเบรกเมื่อใช้แอกชูเอเตอร์กับตัวเลือกเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 RS-232

2.6.1 หลักการทำงานของ RS-232

มาตรฐาน RS232 เป็นมาตรฐานที่รับ/ส่งข้อมูลแบบ Full duplex หรือจะให้พูดง่ายๆคือสามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อมกันทั้งคู่ในเวลาเดียวกัน โดยการรับ/ส่งข้อมูลนั้นจะใช้สายไฟทั้งหมด 3 เส้น ได้แก่

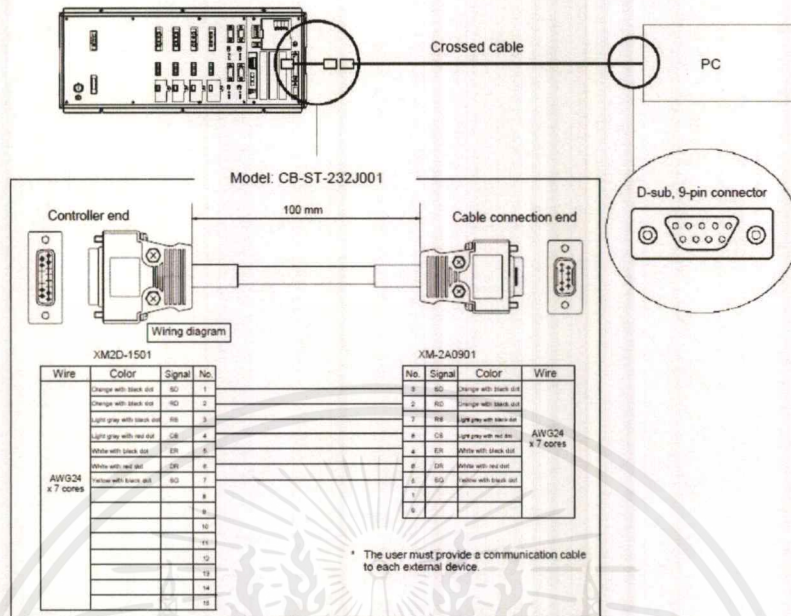
- Tx (Transmit data) คือ สายส่งข้อมูล ซึ่งสายเส้นนี้จะมีหน้าที่ในการส่งข้อมูลเท่านั้น
- Rx (Receive data) คือ สายรับข้อมูล ซึ่งสายเส้นนี้จะมีหน้าที่ในการรับข้อมูลเท่านั้น
- GND (Signal ground) คือ สายกราวด์ เป็นสายเทียบหรืออ้างอิงแรงดันไฟฟ้า 0V

2.6.2 ข้อดีและข้อเสียของ RS-232

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของ RS-232

ข้อดี	ข้อเสีย
มีอุปกรณ์ที่รองรับเยอะ การสื่อสารแบบ RS232 เป็นการสื่อสารที่มีอยู่ในเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์แทบทุกรุ่น ซึ่งคนทั่วไปจะรู้จักกันในชื่อ Serial port ซึ่งทำให้การสื่อสารแบบ RS232 ไม่จำเป็นต้องใช้ Converter (ตัวแปลงสัญญาณ) ในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งต่างจากมาตรฐานใหม่อย่าง RS422, RS485 ที่ถึงแม้จะมีข้อดีที่มากกว่าแต่ก็ต้องใช้ Converter ในการแปลงสัญญาณอยู่ดี	RS232 สามารถรับรับ/ส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงสุด 19.2 kbit/s ได้ที่ระยะ 15 เมตรการสื่อสารแบบ RS232 นั้นเป็นระบบที่ง่ายต่อการถูกสัญญาณรบกวน (Noise) เข้าแทรกแซง ทำให้ระยะการสื่อสารของ RS232 ไม่สามารถส่งในระยะไกลได้ และไม่สามารถส่งข้อมูลจากอุปกรณ์พร้อมกันหลายๆตัวมายังคอมพิวเตอร์ได้ โดยทำได้เพียงแค่ส่งข้อมูลมาที่คอมพิวเตอร์ทีละตัวแบบ 1 ต่อ 1

2.6.3 สาย RS232 ใช้เชื่อมต่อเข้ากับคอนโทรลเลอร์ X-SEL



รูปที่ 2.15 สาย RS232C ใช้เชื่อมต่อเข้ากับคอนโทรลเลอร์ X-SEL

2.7 Switching Power Supply

คือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวอุปกรณ์หรือ Device ที่เราใช้งาน ซึ่งก็มีหลากหลายประเภท มีแบบที่เป็น linear Power Supply ก็คือพวก Tranformer กับ Non-linear Power Supply หรือ Switching Power Supply โดยเฉพาะ Switching Power Supply ที่เราจะมาแนะนำนี้ เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ฟังก์ชันในอุปกรณ์ทำงานได้ (ส่งแรงดันไฟฟ้าไปยัง Capacitor หรือ Chips ของอุปกรณ์นั้น)

สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลาย หรืออาจเรียกกันในชื่อของ Switch Mode Power Supplies (SMPS) เป็นอุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่งและสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟสลับค่าสูงเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำได้ในชีวิตประจำวัน สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ตัวอย่างพวกเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูง เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ เครื่องโทรสาร และอีกต่างๆ มากมายก็ล้วนแล้วแต่ใช้สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายในการจ่ายไฟแทบทั้งสิ้น

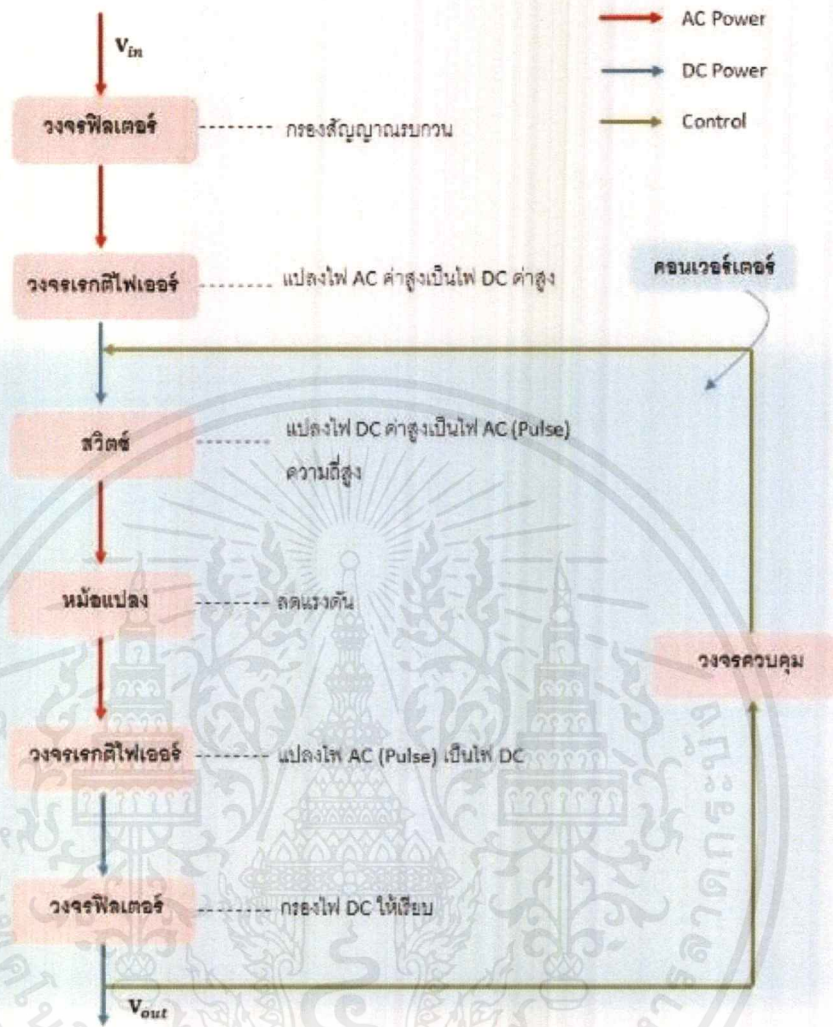
2.7.1 Switching Power Supply จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์
2. คอนเวอร์เตอร์
3. วงจรควบคุม

ตารางที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบของ Switching Power Supply

ชื่อวงจร	หน้าที่
วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์	วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง
คอนเวอร์เตอร์	คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟตรงโวลต์ต่ำ
วงจรควบคุม	วงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ

2.7.2 แผนผังการทำงาน Switching Power Supply



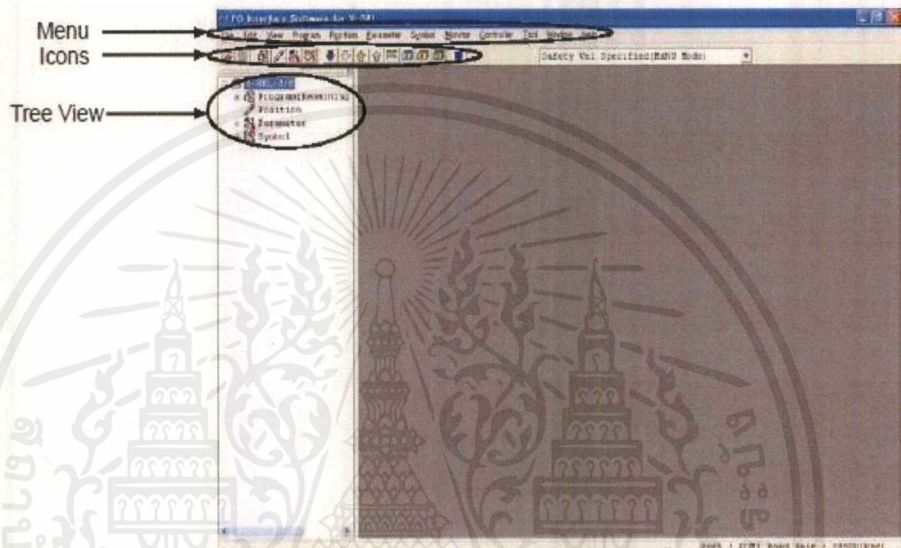
รูปที่ 2.16 แสดงแผนผัง Switching Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 โปรแกรม PC Interface Software for X-SEL

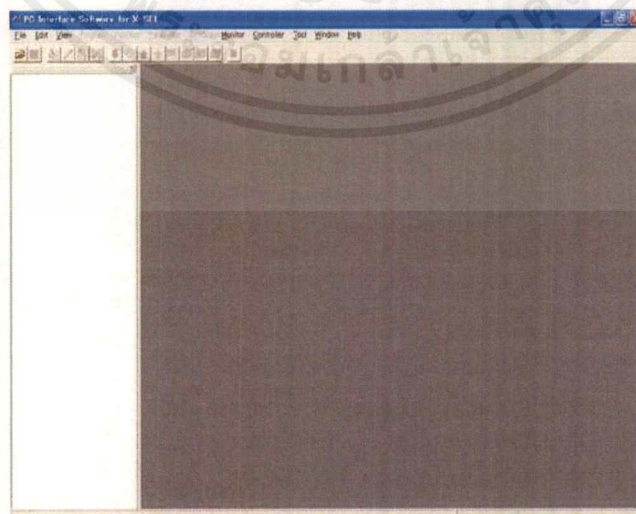
2.8.1 คำอธิบายเมนู

1. X-SEL-J/K or TT controller เมื่อซอฟต์แวร์นี้เริ่มทำงานหน้าต่างหลักในรูปที่ 2.18 จะเปิดขึ้นเพื่อแสดงรายการเมนูด้วยไอคอนบนแถบเครื่องมือในกรณีของตัวควบคุม X-SEL-J / K หรือ TT มุมมองต้นไม้ไม่ปรากฏขึ้นทางด้านซ้ายของหน้าต่างสามารถแสดงได้โดยคลิก View (V) จากแถบเมนู จากนั้นเลือก Tree View (T)



รูปที่ 2.17 หน้าจอออนไลน์ (ตัวควบคุม X-SEL-J / K หรือ TT)

2 หน้าจอออฟไลน์เมื่อซอฟต์แวร์นี้เริ่มต้นโดยไม่มี การเชื่อมต่อ กับคอนโทรลเลอร์ใด ๆ หน้าจอในรูปที่ 2.19 จะเป็นแสดงรายการที่ไม่สามารถทำงานแบบออฟไลน์จะแสดงเป็นไอคอนสีจาง




รูปที่ 2.18 แสดงหน้าจอออฟไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 คำอธิบายของแถบเครื่องมือ

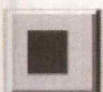


	Open File	คลิกไฟล์ (F) จากนั้นเลือกเปิด (O)
	Save	คลิกไฟล์ (F) จากนั้นเลือกบันทึก (S)
	Edit Program	คลิกโปรแกรม (S) จากนั้นเลือกแก้ไข (E)
	Position	คลิกตำแหน่ง (O) จากนั้นเลือกแก้ไข (E)
	Edit Parameter	คลิกพารามิเตอร์ (P) จากนั้นเลือกแก้ไข (E)
	Edit Symbol	การคลิก Symbol (Y) จากนั้นเลือก Edit (E)
	Edit Coordinate System	คลิกระบบพิกัด (D) จากนั้นเลือกแก้ไข (E)
	Monitor Input Port	การคลิก Monitor (M) จากนั้นเลือก Input Port (I)
	Monitor Virtual Input Port	คลิก Monitor (M) จากนั้นเลือก Virtual Input Port (N)
	Monitor Output Port	คลิก Monitor (M) จากนั้นเลือก Output Port (O)



Monitor Virtual Output Port

คลิก Monitor (M) จากนั้นเลือก Virtual Output Prot (U)



End All Operations

คลิก Program (S) จากนั้นเลือก End All Programs (T)


Safety Vel Specified (MANU Mode) ▼


กล่องรายการนี้ใช้เพื่อเปิด / ปิดการจำกัด ความเร็วความปลอดภัยโหมดแมนนวล


Two or more programs start prohibition (MANU) ▼


กล่องรายการนี้ใช้เพื่ออนุญาต / ห้ามการเริ่มต้น ของโปรแกรมในโหมดแมนนวล




-  Save to File

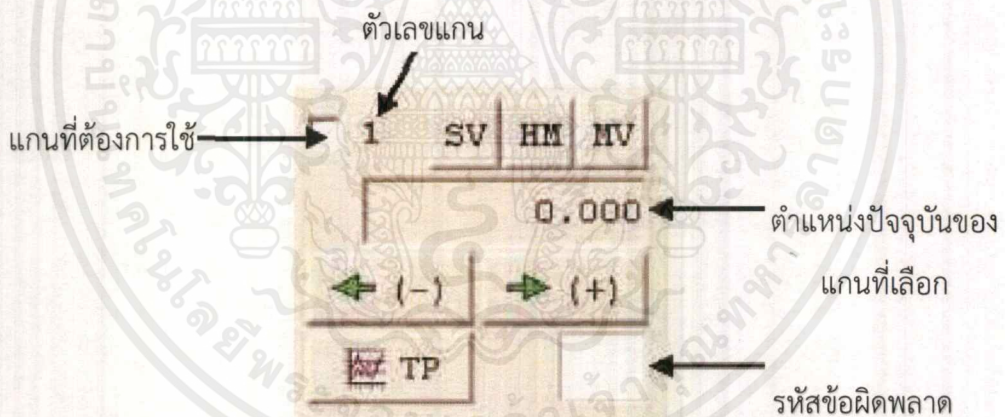
คลิกปุ่มนี้จะเปิดกล่องโต้ตอบซึ่งคุณสามารถบันทึกข้อมูลตำแหน่ง ลงในไฟล์ภายใต้ชื่อที่ต้องการ.
-  Transfer to Controller

การคลิกปุ่มนี้จะถ่ายโอนข้อมูลตำแหน่งไปยังคอนโทรลเลอร์
-  Refresh Position Data

หลังจากโปรแกรมที่เขียนข้อมูลตำแหน่งถูกเรียกใช้คลิกปุ่มนี้เพื่อรีเฟรชตำแหน่งแสดงข้อมูล
-  Print

การคลิกปุ่มนี้จะพิมพ์ข้อมูลตำแหน่ง
-  Capture Current Position

การคลิกปุ่มนี้จะเป็นการจับตำแหน่งปัจจุบันไปยังหมายเลข ตำแหน่งที่ สอดคล้องกับเคอร์เซอร์



รูปที่ 2.19 อธิบายปุ่มเฉพาะแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- SV** การคลิกที่ปุ่มนี้จะเป็นการปิดเซอร์โวของแกนที่เลือกถ้ามันเปิดอยู่
- HM** การคลิกปุ่มนี้จะเป็นการกลับไปจุดเริ่มถ้าเซอร์โวของแกนที่เลือกอยู่เปิด
- MV** การคลิกปุ่มนี้จะเป็นการย้ายแกนที่เลือกไปยังตำแหน่งที่ระบุโดยข้อมูลในตำแหน่งหมายเลขที่สอดคล้องกับตำแหน่งเซอร์โวถ้าเซอร์โวแกนเปิดอยู่ (ปุ่มยังคงเป็นสีเหลือง ในขณะที่แกนกำลังเคลื่อนที่)

⇒ (+)

การคลิกปุ่มนี้จะเป็นการเพิ่มค่าระยะ

⇐ (-)

การคลิกปุ่มนี้จะเป็นการลดค่าระยะ

≡ TP

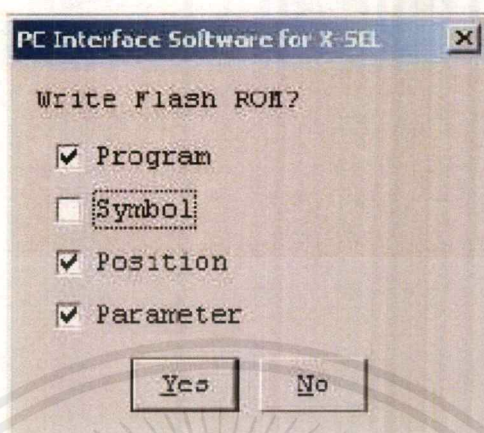
การคลิกปุ่มนี้จะเป็นการจับตำแหน่งปัจจุบันของแกนที่เลือกไว้ในหมายเลขตำแหน่งสอดคล้องกับตำแหน่งเซอร์โว

2.8.3 ฟังก์ชันการตั้งค่า

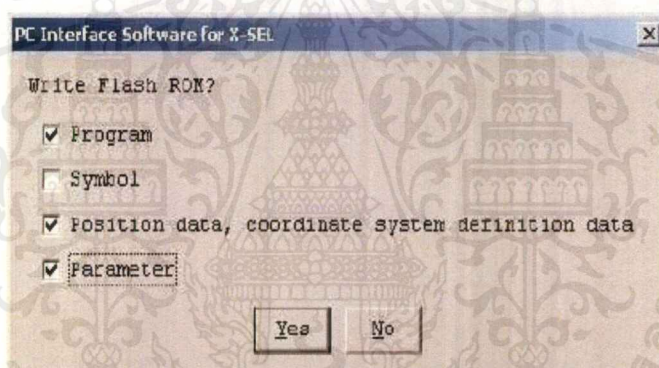
Vel	30
Acc	0.30
Dc1	0.30
Inc	0.000

1. ตั้งค่าความเร็ว (Vel), ความเร่ง (Acc), ความหน่วง (Dc1) และระยะทางเป็นนิ้ว (Inc.) จะใช้เมื่อมีการใช้งานแอกชูเอเตอร์ โดยใช้ปุ่มต่างๆ หากเป็นค่าถูกป้อนในฟิลด์ Vel, Acc และ Dc1 ใดๆ ในพื้นที่ข้อมูลตำแหน่งค่าในฟิลด์ข้อมูลตำแหน่งที่สามารถใช้ได้ จะได้รับการจัดลำดับความสำคัญสำหรับการเคลื่อนไหวไปที่หมายเลขตำแหน่งที่สอดคล้องกัน

2. การเขียนเพื่อเข้าสู่คอนโทรลเลอร์เมื่อโปรแกรมได้รับการถ่ายโอนไปยังตัวควบคุมแล้วกล่องข้อความโต้ตอบการยืนยันจะปรากฏขึ้นดังต่อไปนี้ “เขียน Flash ROM?”

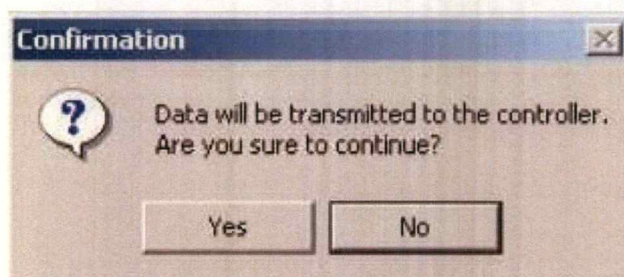


รูปที่ 2.20 การยืนยัน (X-SEL-J/K, P/Q, TT,SSEL, ASEL, PSEL , TTA, MSE-PCX/PGX)



รูปที่ 2.21 การยืนยัน (X-SEL-JX/KX, PX/QX)

3. การปิดหน้าต่างแก้ไข ความพยายามที่จะปิดหน้าต่างแก้ไขจะเปิดกล่องข้อความโต้ตอบการยืนยันต่อไปนี้พร้อมกับข้อความ “บันทึกข้อมูลที่แก้ไขแล้วในคอนโทรลเลอร์?”



รูปที่ 2.22 แสดงการยืนยัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

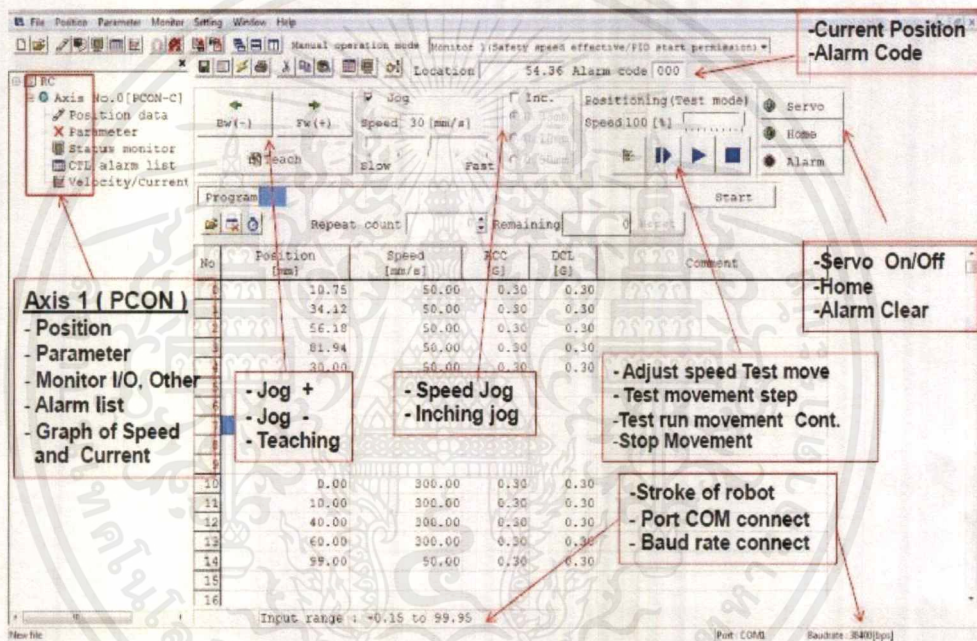
- Yes (Y)

 ข้อมูลที่แก้ไขจะถูกถ่ายโอนไปยังคอนโทรลเลอร์
- No (N)

 ซอฟต์แวร์จะปิดหน้าต่างแก้ไขโดยไม่บันทึกข้อมูลที่แก้ไข
- Cancel

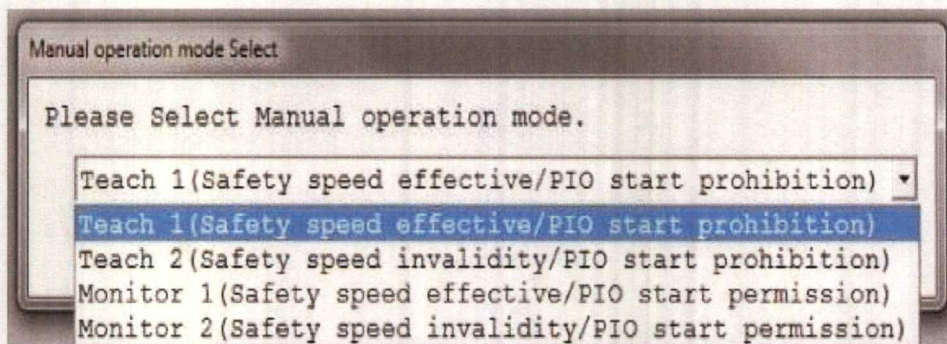
 ซอฟต์แวร์จะยกเลิกการทำงานและกลับสู่หน้าต่างแก้ไขตำแหน่ง

2.8.4 ข้อมูลตำแหน่ง & ไอคอนเครื่องมือในโปรแกรมแกน Z



รูปที่ 2.23 ข้อมูลตำแหน่ง & ไอคอนเครื่องมือในโปรแกรมแกน Z

1. โหมดการทำงานของ RC ซอฟต์แวร์



รูปที่ 2.24 โหมดการทำงานของ RC ซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Teach 1 : สามารถแก้ไขข้อมูลและทดสอบการเคลื่อนไหวได้ แต่บล็อกความเร็วขีด จำกัด คือ 100 มม. / วินาทีในโหมดแมนนวล

Teach 2 : สามารถแก้ไขข้อมูลและทดสอบการเคลื่อนไหวได้โดยปลดบล็อกความเร็วใน โหมดแมนนวล

Monitor 1 : ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลและทดสอบการเคลื่อนไหวโดย PIO ได้บล็อกความเร็วใน โหมดอัตโนมัติ

Monitor 2 : ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลและทดสอบการเคลื่อนไหวโดย PIO ได้ปลดบล็อกความเร็วใน โหมดอัตโนมัติ

2.9 ออโต้แคด (AutoCAD)

2.9.1 AutoCAD



รูปที่ 2.25 แสดงสัญลักษณ์ของโปรแกรม AutoCAD

AutoCAD เป็นซอฟต์แวร์ของบริษัท Autodesk ซึ่งได้รับการพัฒนาต่อเนื่อง ผลิตรออกมา ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1980 เพื่อใช้ในงานช่วยออกแบบอุตสาหกรรม ภายหลังมีการใช้คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบสถาปัตยกรรมมากขึ้น AutoCAD จึงถูกนำมาใช้ในงานช่วยเขียนแบบ (CAD) รวมทั้งงานทางด้านอื่น ๆ อีกหลากหลาย โปรแกรม AutoCAD มีเครื่องมือช่วยให้งานเขียนแบบง่ายและรวดเร็ว มากมาย เช่น เครื่องมือ ในการลอกแบบ เครื่องมือในการคำนวณ และเขียนขนาดอัตโนมัติ เป็นต้น ข้อมูลงาน เขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์จะถูกจัดเก็บในรูปของข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ที่ไม่ต้องการที่เก็บ มากเหมือนกระดาษ และที่สำคัญข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวสามารถเรียกกลับมาบนหน้าจอเพื่อ แก้ไข ปรับเปลี่ยน ส่งผ่านระบบสื่อสารเครือข่าย หรือพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์ ได้อย่างสะดวกง่ายดาย

CAD ย่อมาจาก Computer Aided Design หรือ Computer Aided Drafting หมายถึง

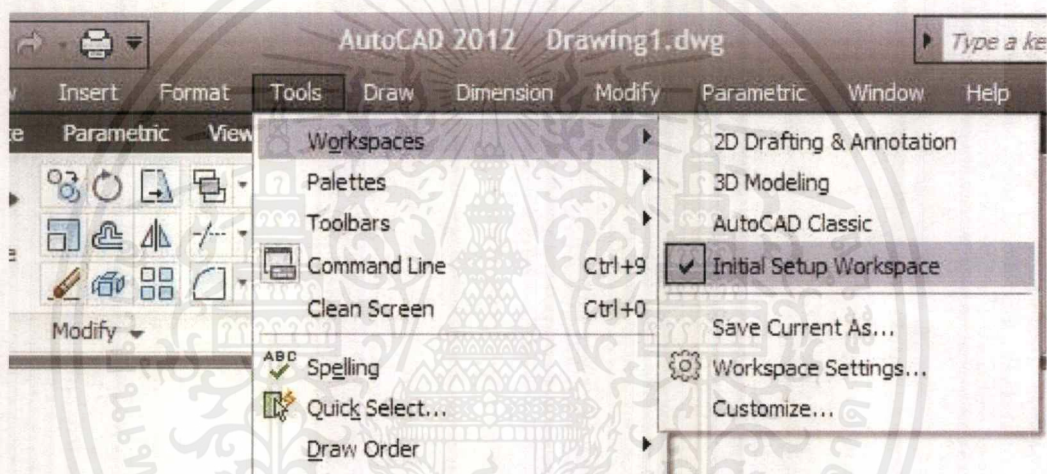
การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยงานออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม AutoCAD เป็นโปรแกรมสำหรับงานออกแบบเหมาะสำหรับการเขียนแบบผลิตภัณฑ์และโครงสร้างอาคาร โดยตัวโปรแกรมมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการใช้งาน เช่น เครื่องมือวัดระยะ การคำนวณระยะห่างอัตโนมัติ รวมทั้งยังสามารถจำลองงานที่ออกแบบออกมาในรูปของวัตถุ 3 มิติได้ด้วย งานที่สร้างจากโปรแกรมนี้นี้จึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากและสะดวกในการนำไปใช้ในการสร้างงานจริง

2.9.2 หน้าจอโปรแกรม AutoCAD 2012

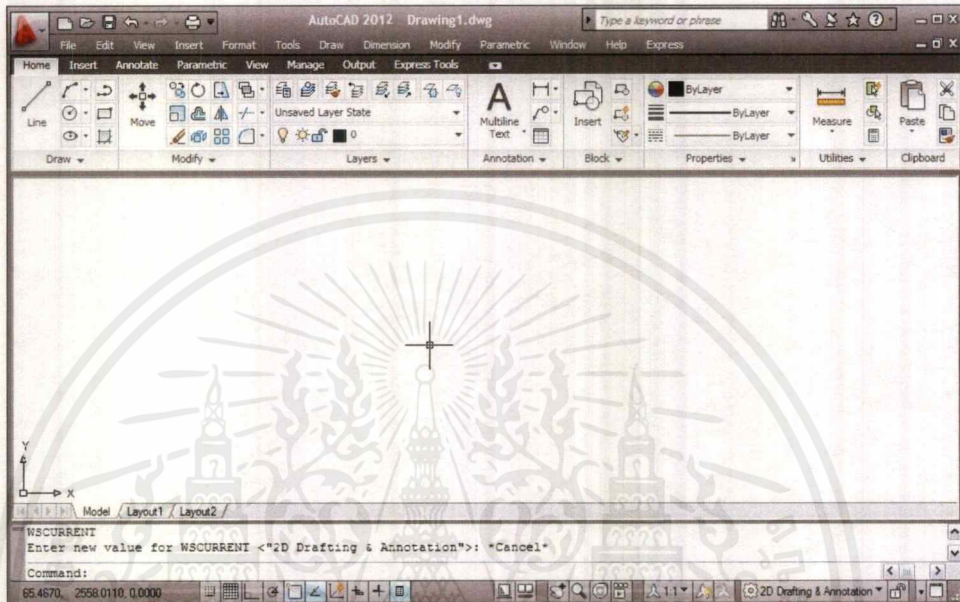
ในส่วนของหน้าจอโปรแกรม AutoCAD 2012 นั้น ได้มีการจัดเตรียมหน้าจอสำหรับการทำงาน (work space) ในด้านงานเขียนแบบแบ่งออกเป็น 4 แบบด้วยกันและสามารถเรียกใช้หน้าจอแต่ละแบบได้โดย เลือกที่ Menu Bar>Tools >Workspaces



รูปที่ 2.26 หน้าจอการทำงาน (work space)

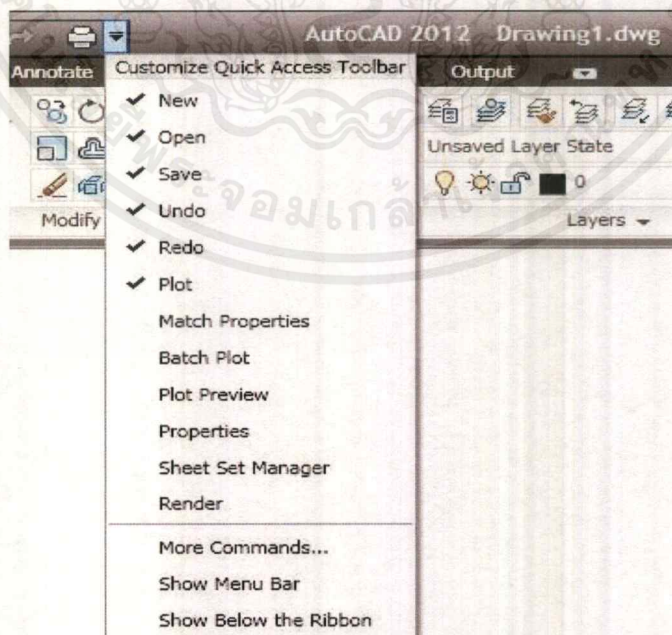
2.9.2.1 หน้าจอหลักของ AutoCAD

1. หน้าจอการทำงานแบบ 2D Drafting & Annotation เป็นหน้าจอโปรแกรมที่ทำการจัดกลุ่ม คำสั่ง ของรูปสัญลักษณ์ในหมวดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน การเขียนแบบ 2 มิติให้อยู่รวมกัน เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้คำสั่ง ในงานเขียนแบบ 2 มิติ



รูปที่ 2.27 หน้าจอการทำงานแบบ 2D Drafting & Annotation

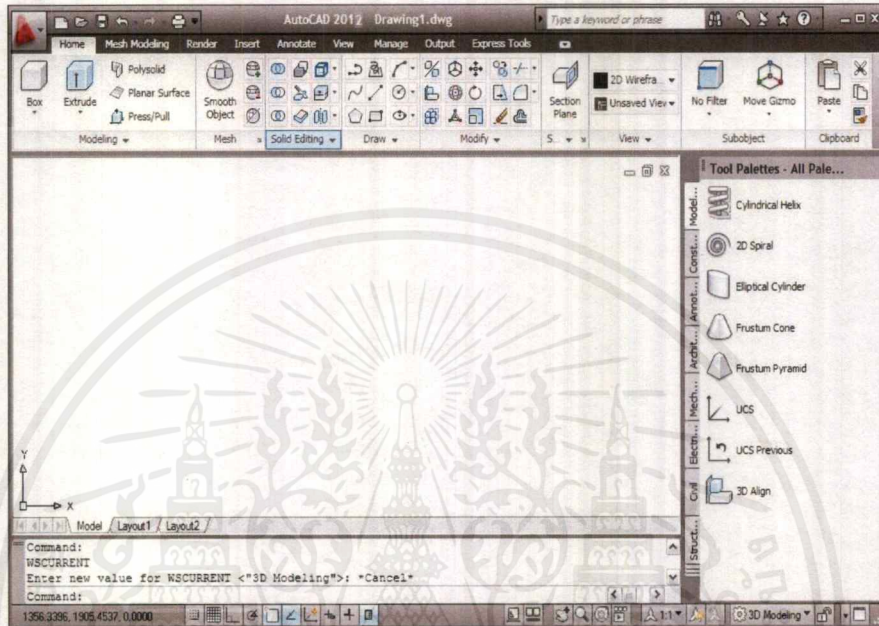
หมายเหตุ กรณีที่ Manu Bar ไม่มีบนแท็บ (ถูกปิดไว้) หน้าจอสามารถเปิดการใช้งานได้ดังนี้



รูปที่ 2.28 การเปิดใช้งาน Manu Bar

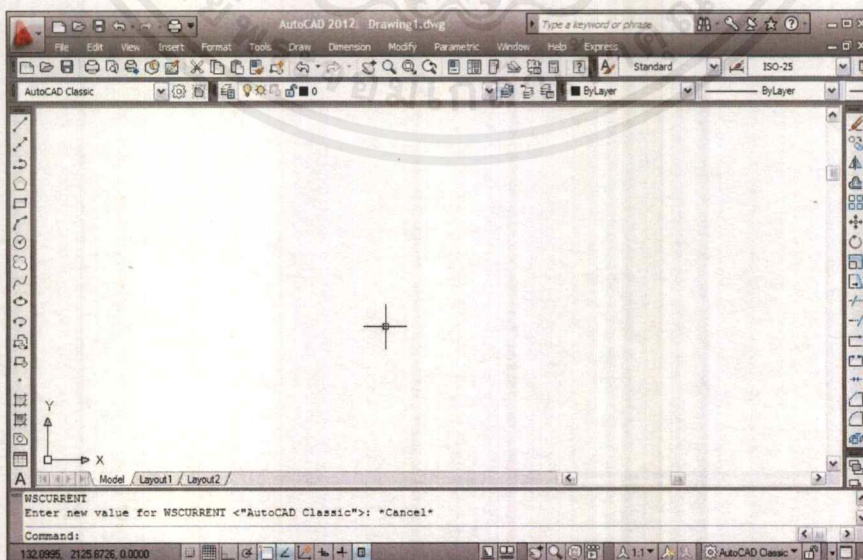
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน้าจอการทำงานแบบ 3D Modeling เป็นหน้าจอโปรแกรมที่ทำการจัดกลุ่มคำสั่ง ของรูปสัญลักษณ์ในหมวดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน การเขียนแบบงานวัตถุ 2 มิติและ 3 มิติ ระดับสูงให้อยู่รวมกัน เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้คำสั่งสำหรับการสร้างและการแก้ไขชิ้นงาน 3 มิติ



รูปที่ 2.29 หน้าจอการทำงานแบบ 3D Modeling

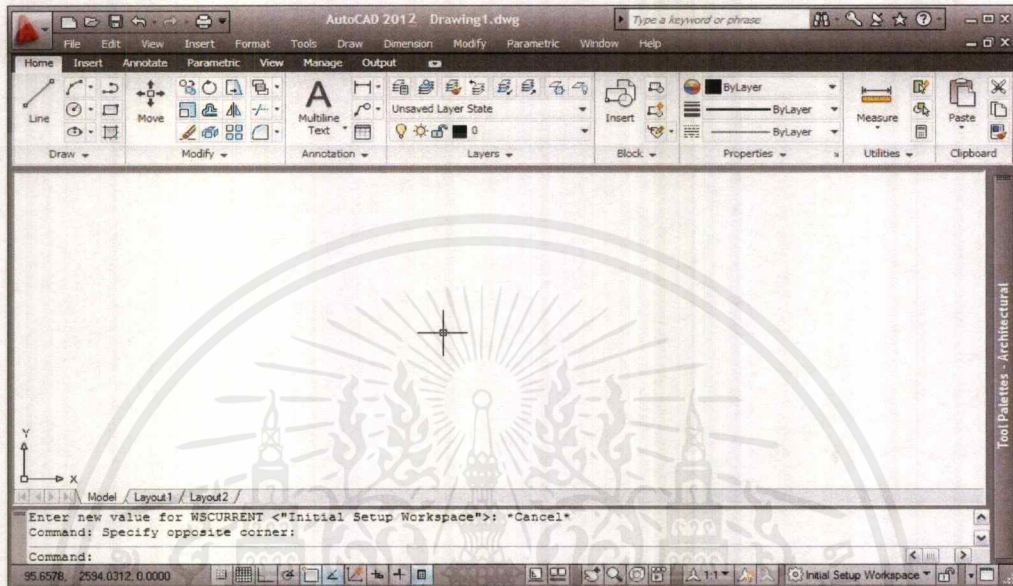
3. หน้าจอการทำงานแบบ Auto CAD Classic เป็นหน้าจอโปรแกรมที่มีลักษณะรูปแบบ เหมือนกับ หน้าจอโปรแกรม Auto CAD รุ่นก่อน ๆ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ที่เคยใช้งานโปรแกรมมีความคุ้นเคย ในการเรียกใช้คำสั่ง ในการเขียนแบบงานวัตถุ 2 มิติและ 3 มิติ



รูปที่ 2.30 หน้าจอการทำงานแบบ Auto CAD Classic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หน้าจอการทำงานแบบ Initial Setup Workspace เป็นหน้าจอโปรแกรมที่ทำการจัดกลุ่มคำสั่งของรูปสัญลักษณ์ในหมวดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน การเขียนแบบงานวัตถุ 2 มิติ ระดับพื้นฐานให้อยู่รวมกันเพื่อความสะดวกในการเลือกใช้คำสั่ง

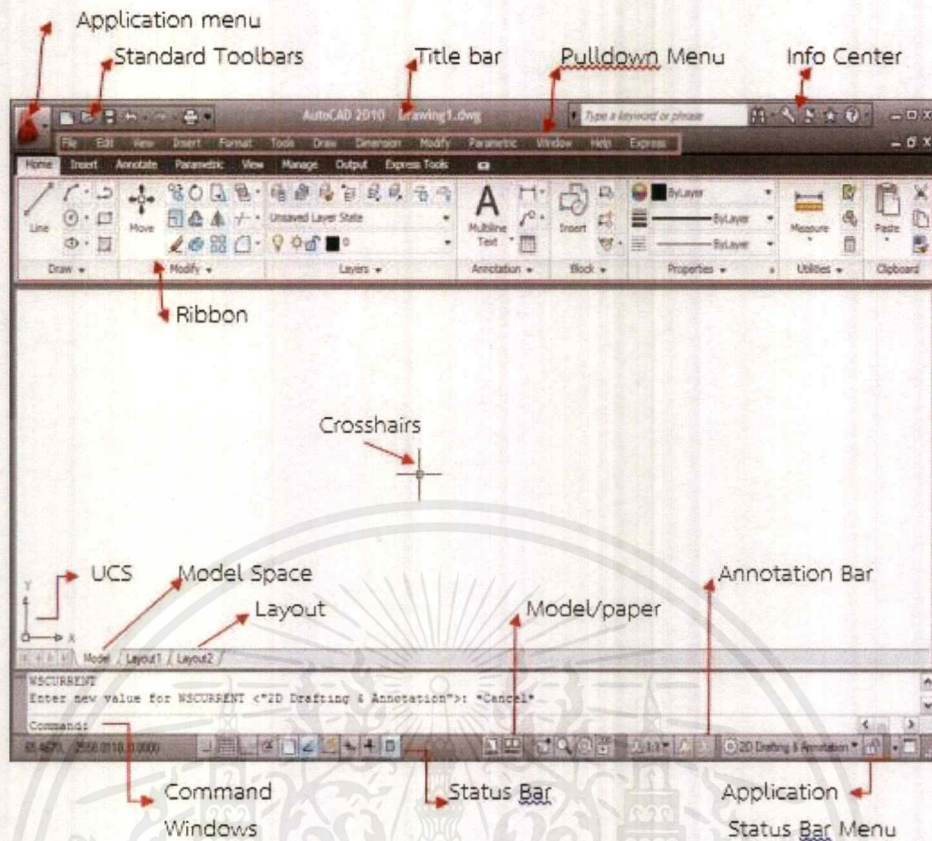


รูปที่ 2.31 หน้าจอการทำงานแบบ Initial Setup Workspace

ส่วนประกอบหน้าจอหลักของ AutoCAD 2012

- Application menu เป็นเมนูที่รวบรวมกลุ่มคำสั่งหลักทั่ว ๆ ไป ที่ทุกโปรแกรมจำเป็นต้องมี เช่น คำสั่ง New, Open, Save หรือ Print เป็นต้น
- Standard Toolbars รายการคำสั่งหลักของโปรแกรม เช่น เปิด/ปิด แก๊ซ แทรก เครื่องมือ
- Pulldown Menu เป็นกลุ่มของคำสั่งที่จัดเป็นหมวดหมู่สำหรับการใช้งาน
- Info Center เป็นส่วนที่แสดงการค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต
- Ribbon แถบเครื่องมือที่รวบรวมเอาคำสั่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเขียนชิ้นงานมาไว้ในลักษณะของรูปภาพ เพื่อให้สามารถสื่อความหมายได้ง่ายและสะดวกแก่การใช้งาน ซึ่งคำสั่งเหล่านี้ก็มีอยู่ใน Menu Bar อยู่แล้ว ในส่วนนี้จึงเป็นเสมือน Short Cut
- Drawing Area เป็นส่วนพื้นที่ในการทำงานของเรา มีค่าเป็น Infinity สามารถสร้างแบบ แพลนได้ไม่จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 หน้าต่างส่วนประกอบเบื้องต้นของโปรแกรม

2.9.3 การใช้ function keyboard ในโปรแกรม AutoCAD

ในการใช้โปรแกรมเขียนแบบงานภาพ 2 มิติ นอกจากจะใช้คำสั่งต่าง ๆ ในการเขียนแบบงานแล้วปุ่มฟังก์ชัน คีย์บนแป้นพิมพ์ก็มีส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เริ่มต้นของการเขียนแบบงาน ควบคุมการใช้งานของคำสั่งเพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการเขียนแบบงานได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละปุ่ม ตามรูปที่ 2.31 และตารางที่ 2.8 ดังนี้



รูปที่ 2.33 function keyboard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 การใช้ function keyboard ในโปรแกรม AutoCAD

ESC	ใช้ยกเลิกคำสั่งใด ๆ ที่กำลังทำงาน
ENTER	ใช้ยืนยันข้อมูลที่ป้อนผ่าน command line หรือใช้เรียกคำสั่งที่ผ่านมา
Del	ใช้ลบวัตถุ แทนคำสั่ง Erase
F1	เรียกหน้าต่าง ขอความช่วยเหลือ (Help)
F2	เปิด/ปิด Auto CAD Text Window เพื่อดูคำสั่งทั้งหมดจาก Command line
F3	ปิด/เปิด OSNAP
F4	ปิด/เปิด Tablet Digitizer
F5	ควบคุมด้าน front, right, top ของ Isometric View
F6	ปิด/เปิด การแสดงผลของค่า coordinate
F7	ปิด/เปิด GRID
F8	ปิด/เปิด ORTHO
F9	ปิด/เปิด SNAP
F10	ปิด/เปิด POLAR
F11	ปิด/เปิด OTRACK
F12	ปิด/เปิด DYN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 อธิบายคำสั่งและหน้าที่

คำสั่ง	ตัวย่อ	ความหมาย
Line	L	เส้นตรง
Polyline	PL	เส้นตรงและเส้นโค้ง
Arc	A	เส้นโค้ง
Spline	SPL	การเขียนเส้นต่อเนื่องแบบโค้ง
Multiline	ML	เส้นตรงขนาน
Xline	XL	เส้นนำสายตา
Sketch	-	เส้นอิสระ
Circle	C	วงกลม
Rectangle	REC	สี่เหลี่ยม
Polygon	POL	รูปหลายเหลี่ยม
Ellipse	EL	วงรี
Donut	DO	โดนัท
Erase	E	ลบวัตถุ
Undo	U	ยกเลิก
Redo	REDO	ทำซ้ำ
Move	M	เคลื่อนย้ายวัตถุ
Copy	CO	คัดลอก
Array	AR	การคัดลอกวัตถุจำนวนมาก
Chamfer	CHA	ลบมุมตัด
Fillet	F	ลบมุมโค้ง
Stretch	S	การแก้ไขความยาวเส้น
Trim	TR	ตัดเส้น(ปลายเส้น)
Extend	EX	ยืดเส้น(ปลายเส้น)
Break	BR	ตัดเส้นโดยใช้เมาส์
Mirror	MI	พลิกกลับด้าน
Offset	O	เส้นขนาน
Rotate	RO	หมุน/พลิกวัตถุ
Align	AL	การจัดวางวัตถุ
Scale	SC	ย่อ-ขยายวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Divide	DIV	แบ่งระยะเส้นเท่าๆกันโดยการกำหนดจำนวน
Measure	ME	แบ่งระยะเส้นเท่าๆกันโดยการกำหนดระยะ
Pan	P	เลื่อน
Dimension	-	การสร้างเส้นวัดขนาดและเสนบอกระยะ
Area	AA	คำนวณพื้นที่และเส้นรอบรูป
Distance	DIST	วัดระยะและมุมระหว่างจุด
Point	PO	กำหนดชนิดของจุด
ARRAY	AR	ในแบบกำหนดจำนวนและระยะห่างจากจุดอ้างอิง
ARC	A	การเขียนเส้นโค้ง
BREAK	BR	การตัดเส้นที่ต่อเนื่องกัน ณ จุดที่เราทำการ break
BLOCK	B	การทำ block ใหม่ให้กับชิ้นงานที่เขียนขึ้นแล้ว
CHCOLOR	CH	การเปลี่ยนสี
DTEXT	DT	การเขียนตัวหนังสือ
DIM VASELINE	DB	วิธีการให้ dimension แบบต่อเนื่องในแนวเส้นแรก
DIM CONTINUE	DC	วิธีการให้ dimension แบบต่อเนื่องในแนวและระดับเดียวกันหมด
DIM HORIZONTAL	DV	วิธีการให้ dimension แบบอยู่ในแนวเส้นราบ
DIM NEWTEXT	DN	การเปลี่ยน text
DIM MOVE	DM	การขยับ text ไปมา
DIM ANGULAR	DAN	วิธีการให้ dimension แบบเส้นโค้งเพื่อแสดงขนาดของมุม
DIM LEADER	DL	วิธีการให้ dimension แบบชี้จุดตำแหน่งที่เราต้องการชี้แจงรายละเอียด
DIM ROTATE	DR	วิธีการให้ dimension แบบป้อนมุมมองศาได้
DIM HOME	DHO	การขยับ text กลับจุดปกติของ text
EXTEND	ET	การต่อเส้น
DIVIDE	DI	การแบ่งแบบวงเวียน
INSERT	I	การเรียก block หรือรูปต่าง ๆ เข้ามาในชิ้นงานเรา
LTSCALE	LS	ขนาดของเส้นต่าง ๆ
MOVE	M	การขยับรูปไปยังตำแหน่งที่ต้องการ
MIRROR	MR	การ copy รูปในลักษณะกลับหลัง จะคล้ายกับรูปที่มองเห็นในกระจก
REDRAW	RE	การเคลียร์หน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยซึ่งแบ่งออก ดังนี้

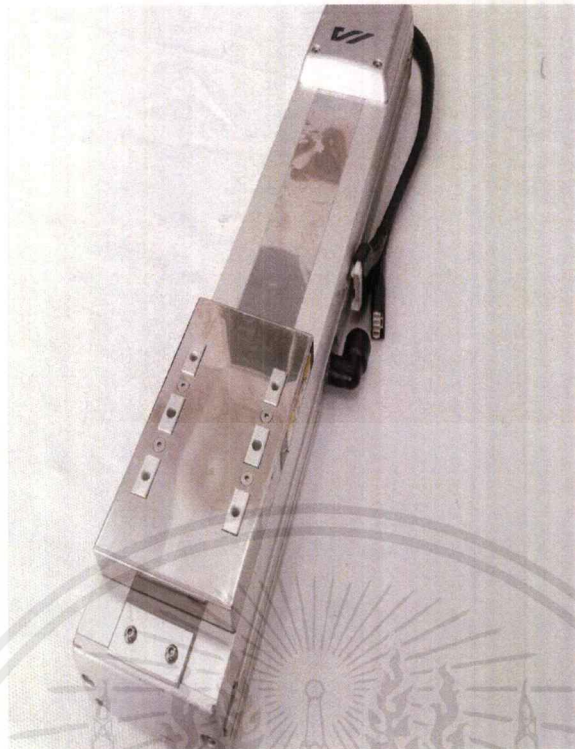
3.1 ระบบ Hardware ในการควบคุมแขนกล

3.1.1 Actuator

แขนกลจะประกอบไปด้วย 3 แกน นั่นคือ Actuator แกน X (ดังรูปที่ 3.1) Actuator แกน Y (ดังรูปที่ 3.2) และ แกน Z (ดังรูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.1 Actuator ในแนวแกน X Model : ISDCR-S-I-60-16-200-T1-M-EM-NSE-SP

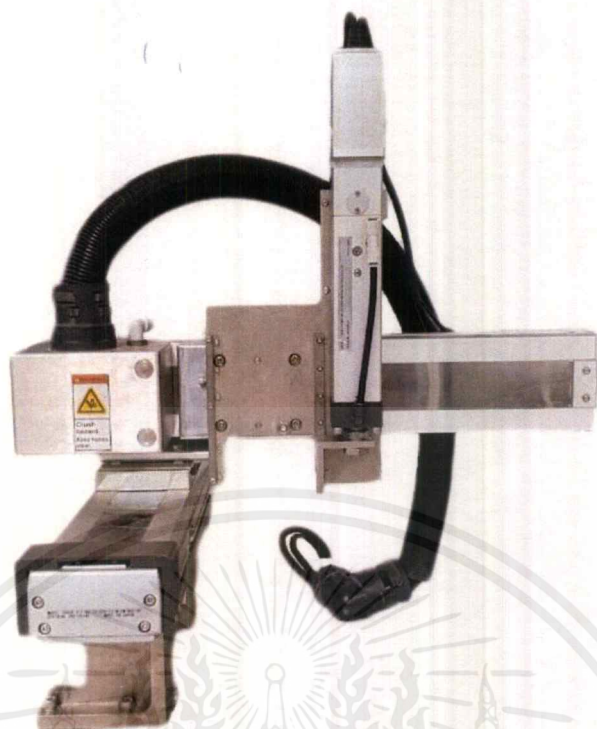


รูปที่ 3.2 Actuator ในแนวแกน Y Model : ISDCR-S-I-60-16-200-T1-M-EM-NSE-SP



รูปที่ 3.3 ROBO CYLINDER แกน Z Model : RCP1-RSW-I-PM-10-100-P1-M-B-G1-SU-SCB35-NS-SP

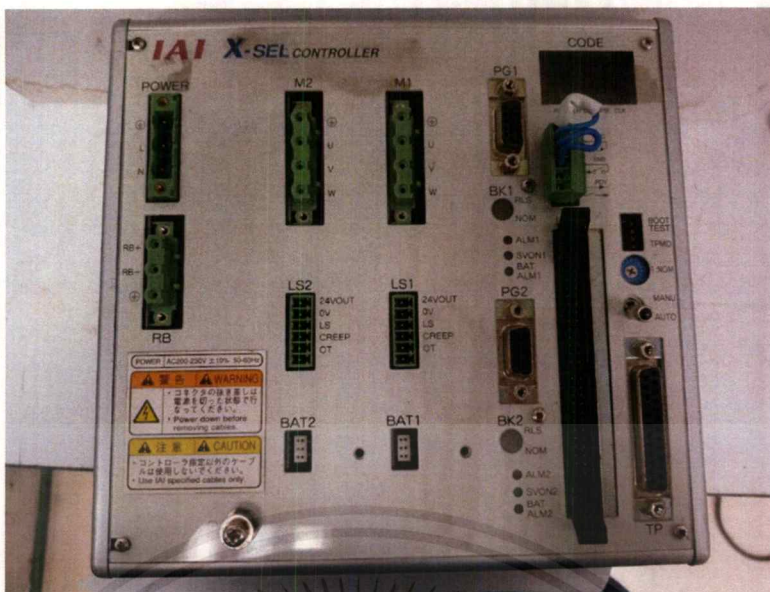
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



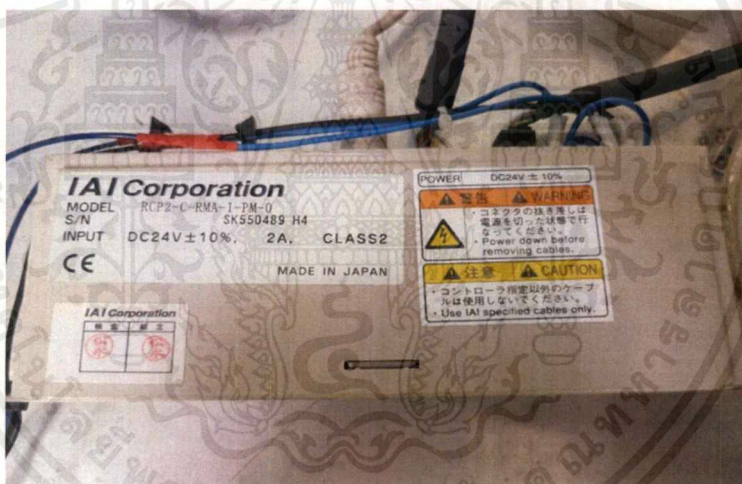
รูปที่ 3.4 แสดงแขนกลในแนวแกน X,Y,Z

3.1.2 Controller

- 1) X-sel Controller ใช้ในการควบคุมแกน X และแกน Y (ดังรูปที่ 3.5)
- 2) Robo Cylinder Controller ใช้ในการควบคุมแกน Z (ดังรูปที่ 3.6)



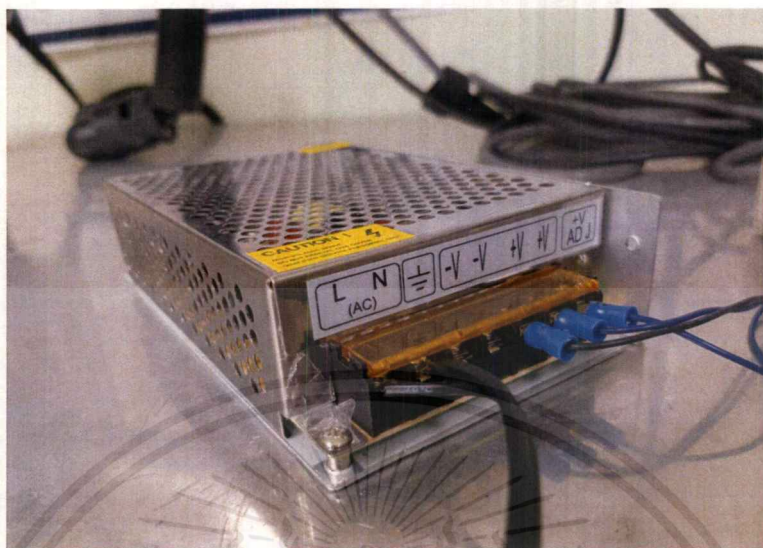
รูปที่ 3.5 X-SEL CONTROLLER MODEL : XSEL-J-2-60I-N1-EEE-2-2



รูปที่ 3.6 ROBO CYLINDER CONTROLLER MODEL : RCP-2-RMA-I-PM-0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 Power Supply

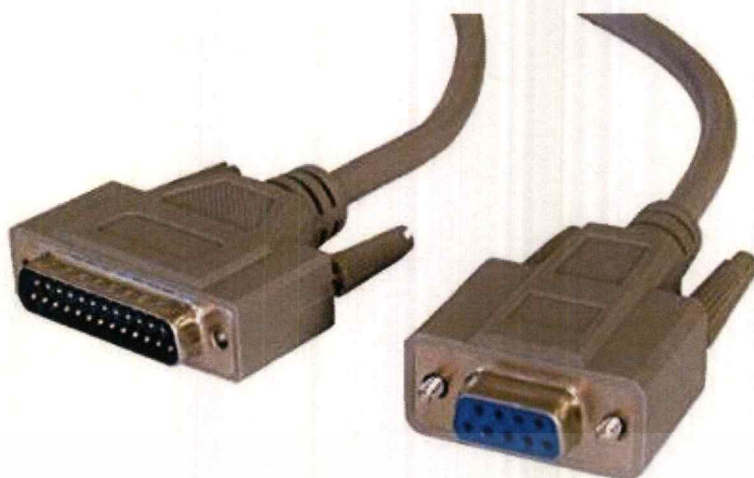


รูปที่ 3.7 Switching Power Supply แรงดันไฟฟ้า 24 V 5 A

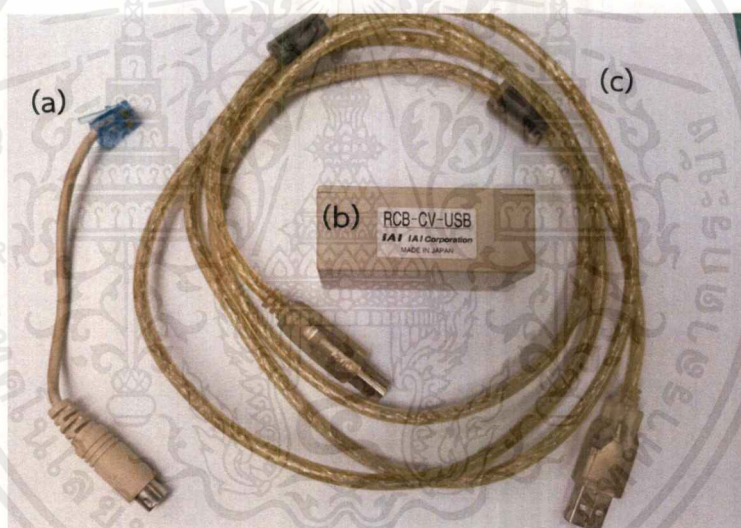
3.1.4 Port

ในการควบคุมแขนกล จะใช้ Port เชื่อมต่อระหว่าง Controller กับ Computer ประกอบด้วย

- 1) RS – 232 เป็น Port ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่าง Controller กับ Computer (ดังรูปที่ 3.7 และ รูปที่ 3.8)



รูปที่ 3.8 RS - 232 25 Pin to 9 Pin



รูปที่ 3.9 (a) สายเชื่อมต่อที่ Robo Cylinder Controller Model : CB-RCA-SIO050
 (b) USB conversion Adapter Model : RCB-CV-USB
 (c) สาย USB เชื่อม Computer Model : CB-SEL-USB010

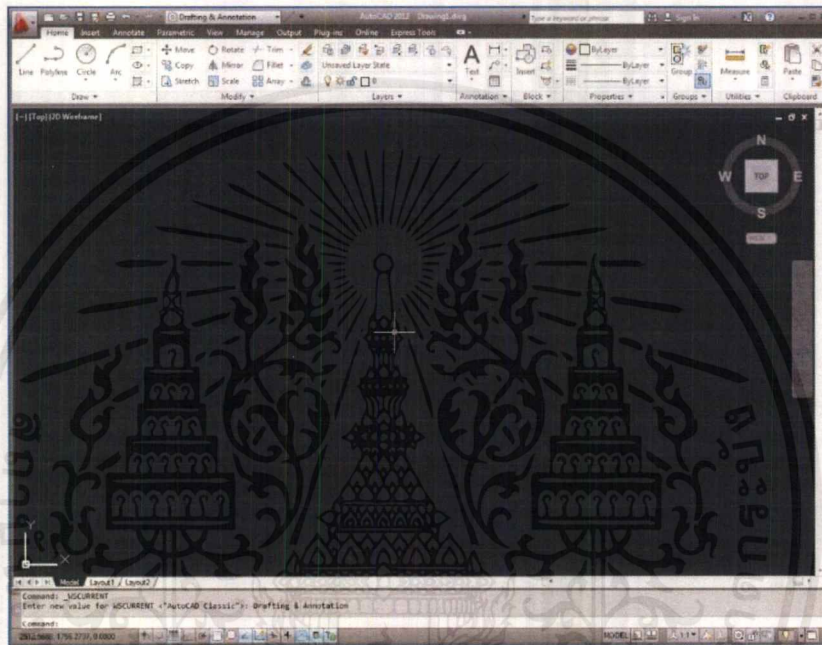
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบ Software ในการควบคุมแขนกล

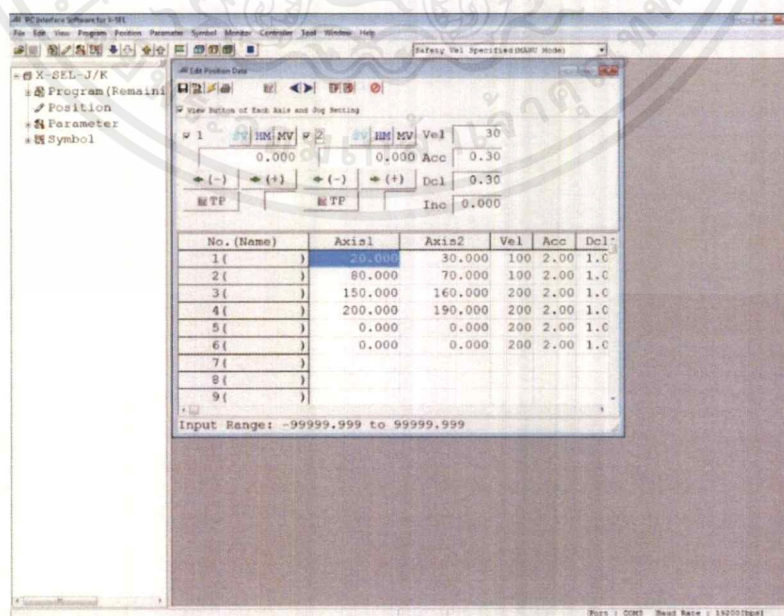
ในการควบคุมแขนกล เราใช้โปรแกรม 2 โปรแกรมในการควบคุมแขนกล ประกอบด้วย

3.2.1 AutoCAD 2012

3.2.2 PC Interface Software for X-SEL

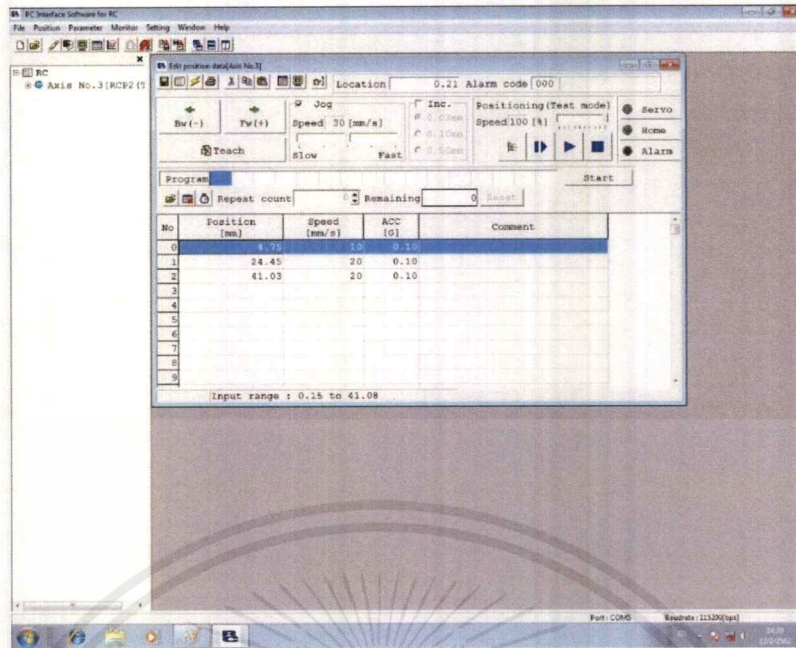


รูปที่ 3.10 หน้าโปรแกรม AutoCAD 2012



รูปที่ 3.11 หน้าโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ของแกน X,Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



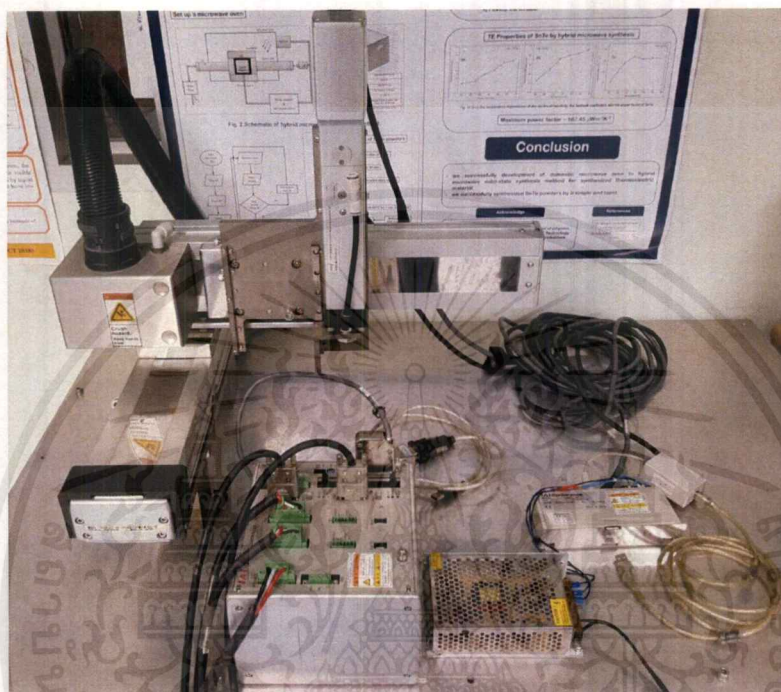
รูปที่ 3.12 หน้าโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ของแกน Z



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การติดตั้งระบบการควบคุมแขนกล

ในส่วนของระบบการติดตั้งจะประกอบด้วยแขนกลทั้ง 3 แขน จะเชื่อมต่อเข้ากับ Controller โดย Controller จะเชื่อมต่อกับ Port Computer และ Power Supply



รูปที่ 3.13 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างแขนกล 3 แขน , Controller และ Power Supply

3.4 วิธีการทดลอง

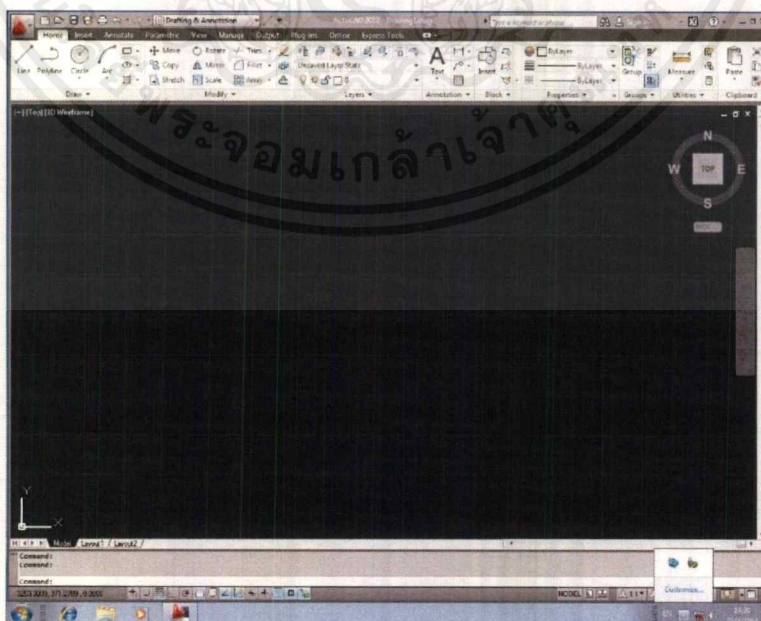
3.4.1 การทดสอบความแม่นยำของแกนกลแกน X,Y ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ไปกลับ มีขั้นตอนดังนี้

1.ติดปากกาเข้ากับแกน Z (ดังรูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.14 แสดงการติดดินสอเข้ากับแกน Z

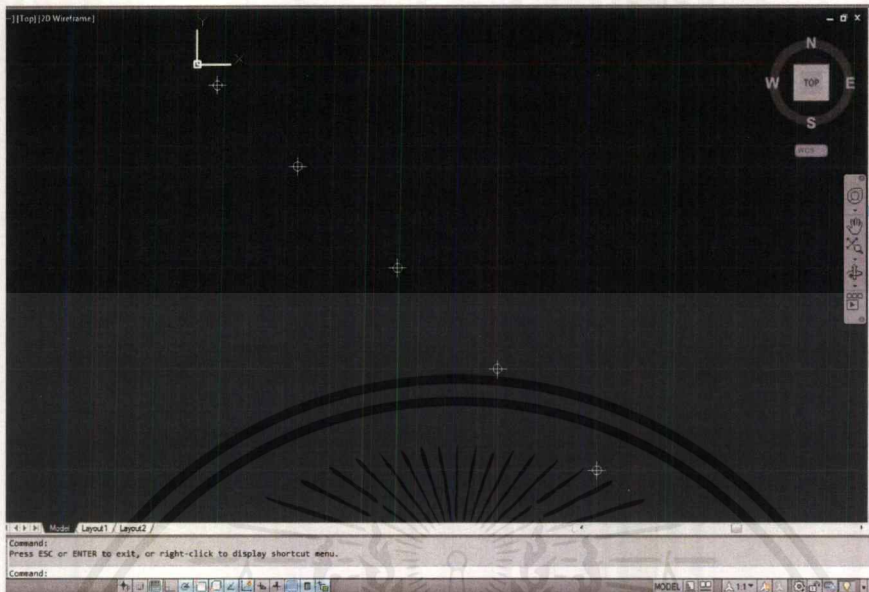
2.เปิดโปรแกรม Auto cad 2012 เพื่อกำหนดตำแหน่งในการเคลื่อนที่ (ดังรูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.15 แสดงหน้าโปรแกรม AutoCAD 2012

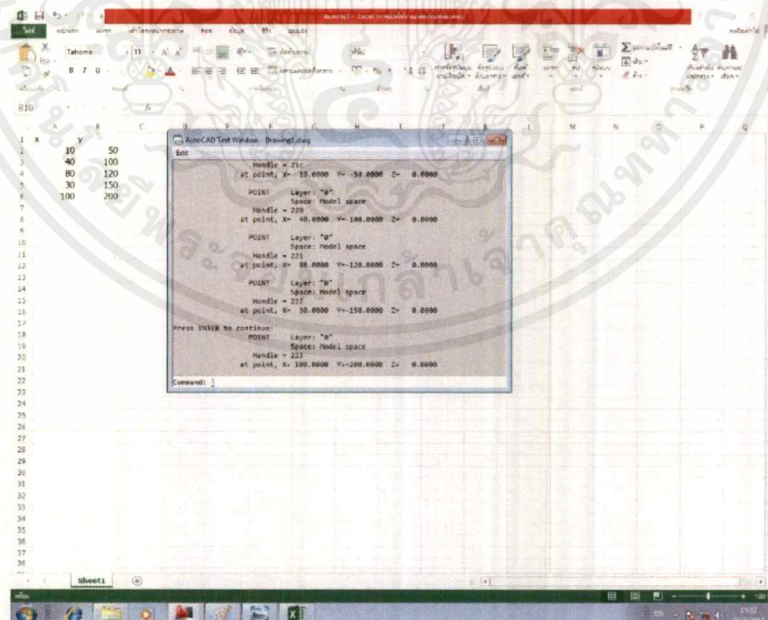
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำหนดตำแหน่งในแกน X,Y (ดังรูปที่ 3.15)



รูปที่ 3.16 แสดงตำแหน่งในแกน X,Y ที่ระยะต่างๆตามที่กำหนด

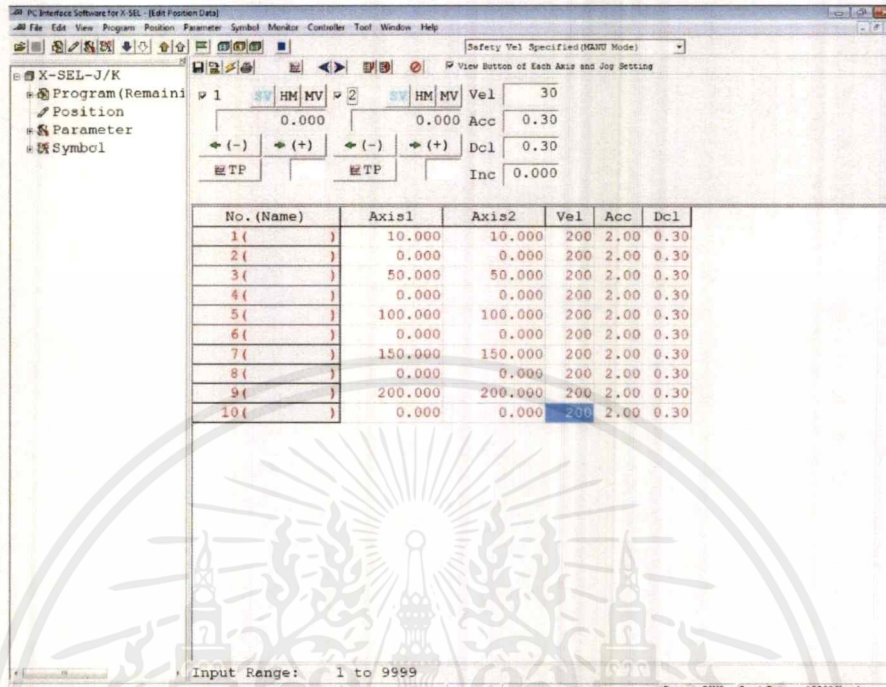
4. นำค่าในแกน X,Y ที่เราได้กำหนดตำแหน่งลงในโปรแกรม Microsoft Excel 2013 เพื่อป้องกันการสลับตำแหน่งในกรณีที่มีหลายจุด (ดังรูปที่ 3.16)



รูปที่ 3.17 แสดงการนำตำแหน่งลงในโปรแกรม Microsoft Excel 2013

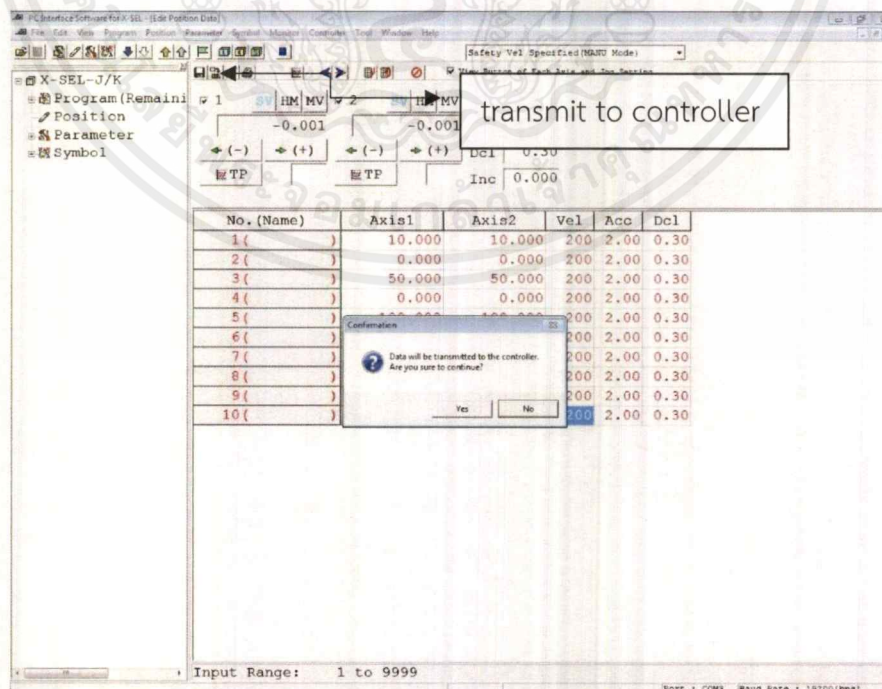
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หลังจากเราเรียงค่าในโปรแกรม Microsoft Excel 2013 แล้ว นำค่าเหล่านั้นใส่ลงไปในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL (ดังรูปที่ 3.17)



รูปที่ 3.18 แสดงหน้าโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL

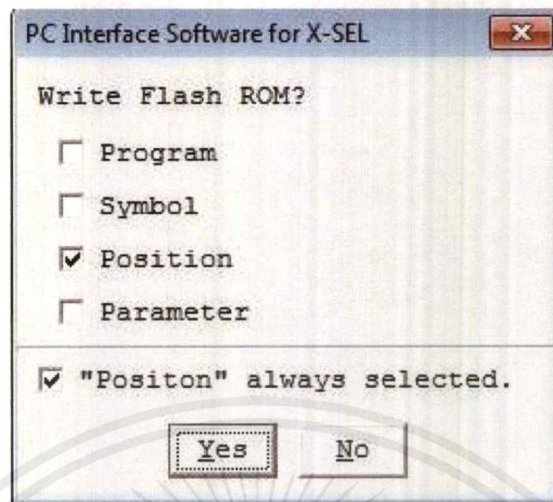
6. หลังจากใส่ข้อมูลลงไปแล้ว เลือก transmit to controller เพื่อส่งข้อมูลไปที่ controller เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของแกน X,Y (ดังรูปที่ 3.18)



รูปที่ 3.19 เลือก transmit to controller

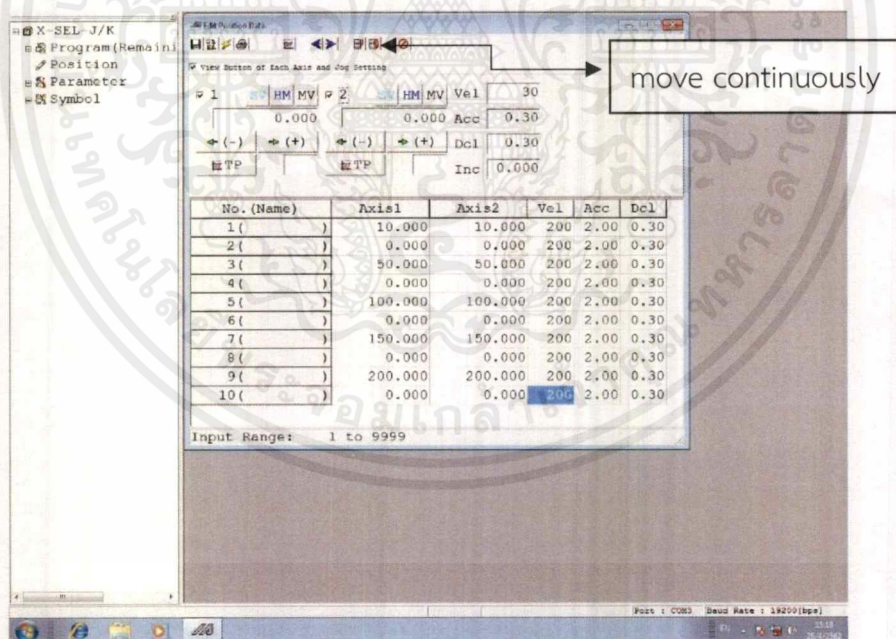
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กด position เพื่อส่งข้อมูลไปที่ controller (ดังรูปที่ 3.19)



รูปที่ 3.20 แสดงขั้นตอนการส่งข้อมูลเข้าสู่ controller

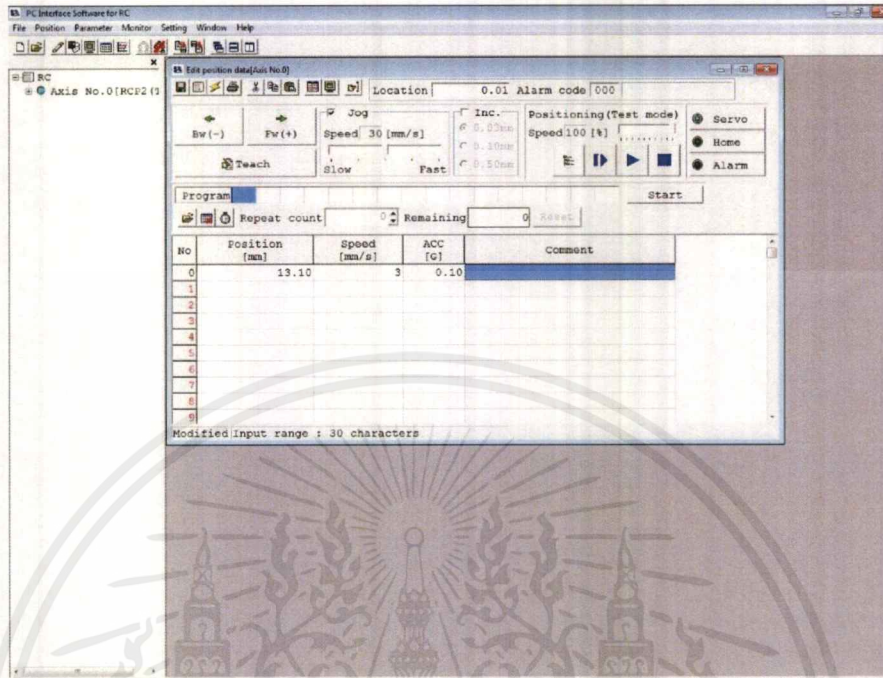
8. เมื่อเสร็จสมบูรณ์จะกลับสู่หน้าหลัก หลังจากนั้นกด move continuously เพื่อให้แกน X,Y เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่กำหนด (ดังรูปที่ 3.20)



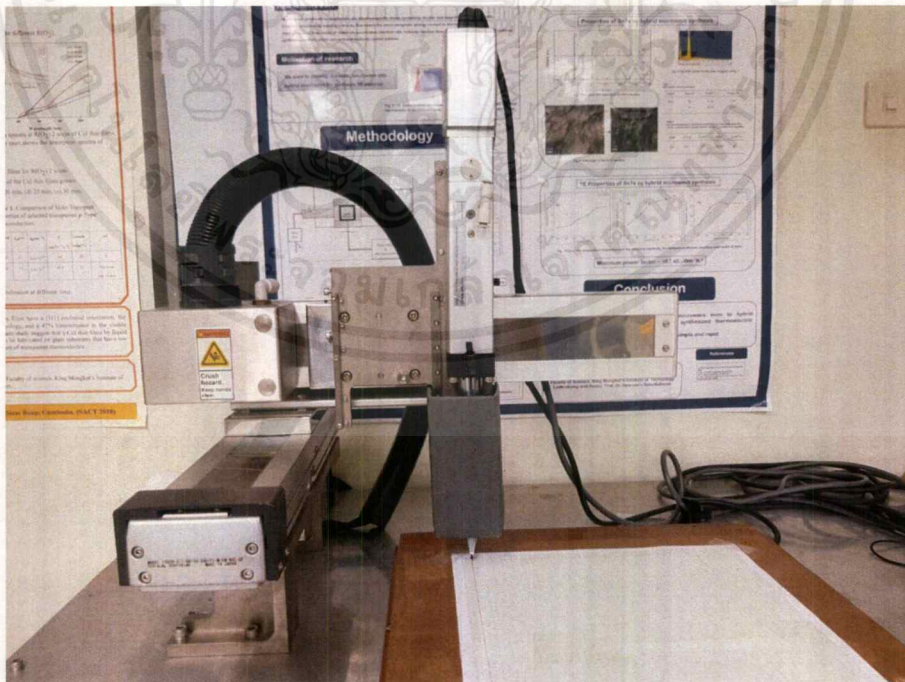
รูปที่ 3.21 แสดงการเขียนคำสั่งในโปรแกรมเพื่อควบคุมแกน X และแกน Y ไปตามระยะที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.เขียนคำสั่งในโปรแกรมเพื่อควบคุมแกน Z เพื่อให้ปากกาแกะกระดาษพอดี (ดังรูปที่ 3.21 และ รูปที่ 3.22)



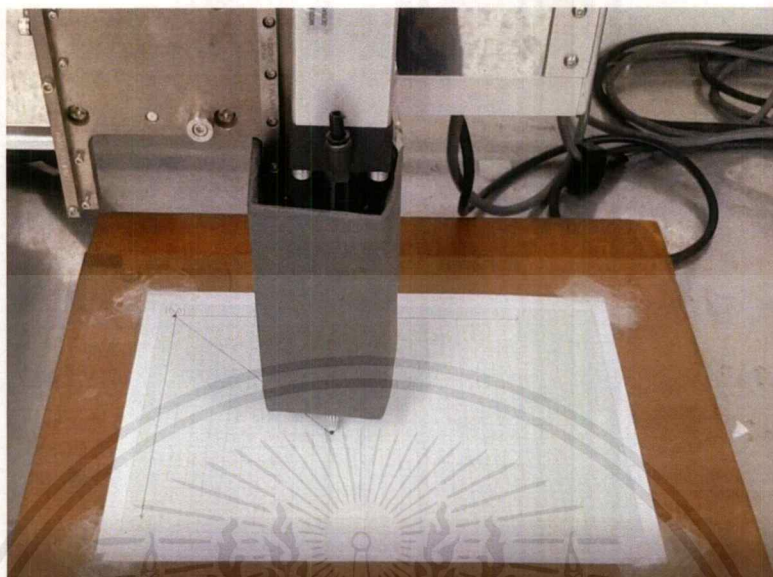
รูปที่ 3.22 แสดงการควบคุมแกน Z เพื่อให้ปากกาแกะกระดาษ



รูปที่ 3.23 แสดงปากกาที่แกะกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.เมื่อลากเส้นตามระยะที่กำหนดแล้วจึงนำมาวัดเทียบกับสเกล จะได้ระยะที่แกนกลเคลื่อนที่ไปได้ (ดังรูปที่ 3.23)



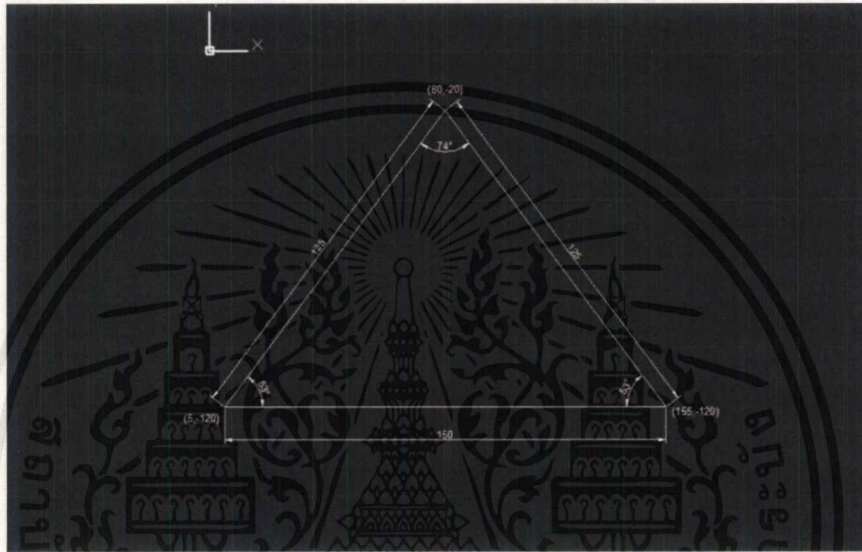
รูปที่ 3.24 แสดงการเคลื่อนที่ไปตามระยะที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การทดลองการสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐาน

การทดลองนี้จะสร้างรูปเรขาคณิต โดยรูปทั้งหมดจะต้องเป็นไปตามกฎของเรขาคณิตแต่ละชนิด มีขั้นตอนดังนี้

1. วาดรูปทรงเรขาคณิตใน AutoCAD เช่น รูปสามเหลี่ยมทั่วไป (ดังรูปที่ 3.24) เพื่อหาค่าพิกัดในแต่ละจุด



รูปที่ 3.25 แสดงรูปสามเหลี่ยมทั่วไปใน AutoCAD

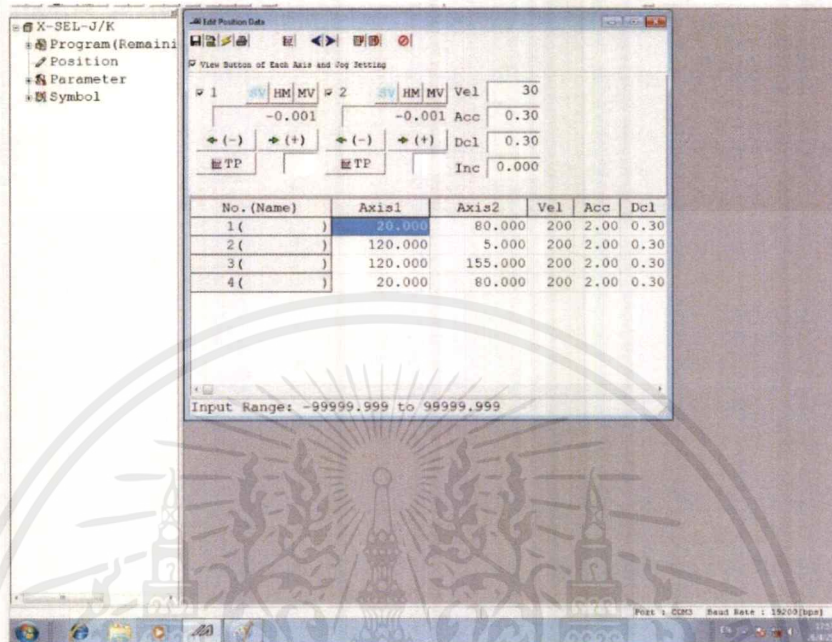
2. นำพิกัดที่ได้จาก AutoCAD มาใส่ในโปรแกรม Microsoft office excel (ดังรูปที่ 3.25)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	80	20															
2	5	120															
3	155	120															
4	80	20															
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	

รูปที่ 3.26 แสดงค่าพิกัดจากโปรแกรม AutoCAD

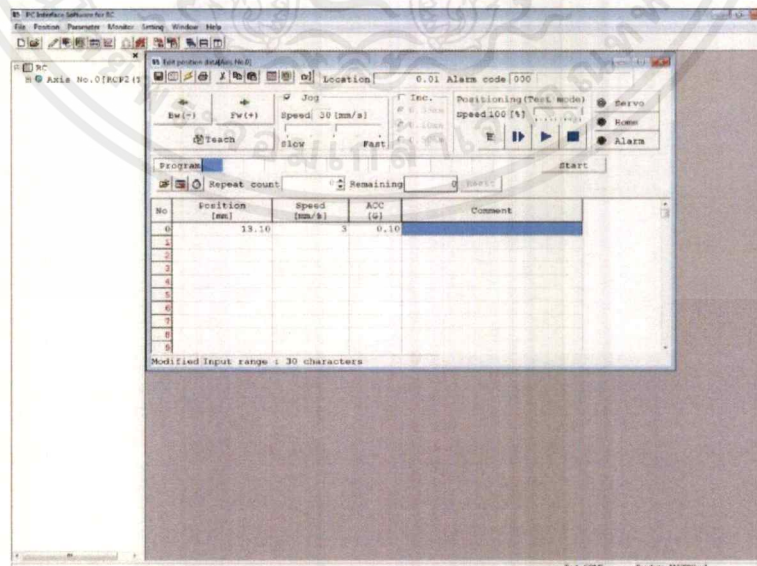
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำพิกัดจากโปรแกรม Microsoft office excel มาใส่ในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL แล้วกด transmit to controller และกด move continuously ทำให้แกน x,y เคลื่อนที่ไปตามพิกัด เพื่อสร้างรูปสามเหลี่ยมทั่วไป (ดังรูปที่ 3.26)



รูปที่ 3.27 แสดงค่าพิกัดในโปรแกรมเพื่อสร้างสามเหลี่ยมด้านเท่า

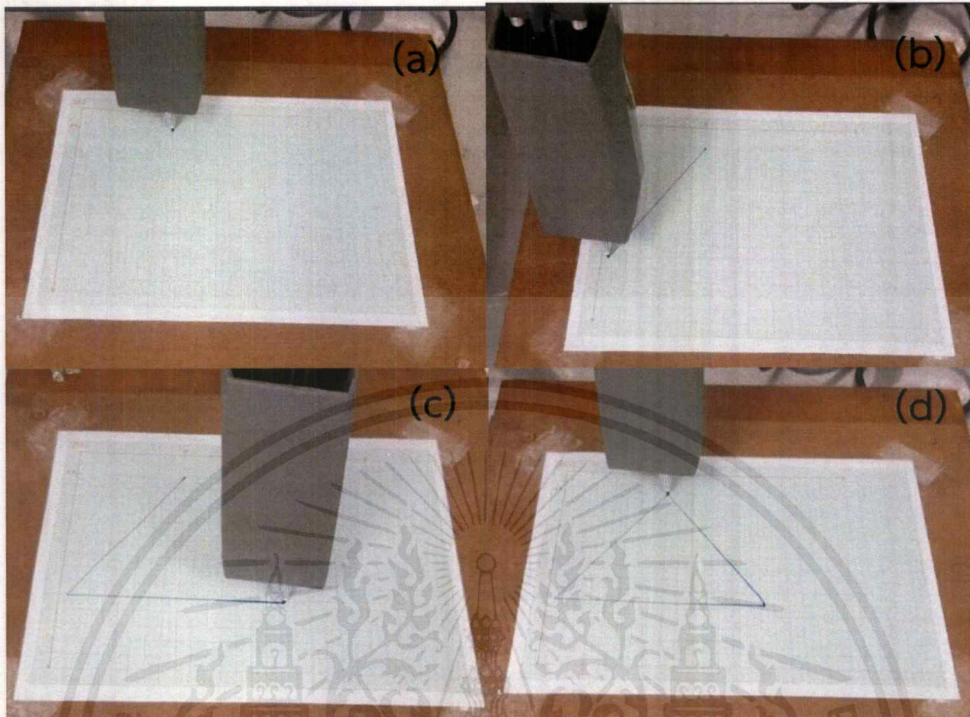
4. ปรับค่าตำแหน่งในโปรแกรมเพื่อควบคุมแกน Z ให้ปากกาแตะกระดาษที่ตำแหน่งเริ่มต้นของรูปสามเหลี่ยมทั่วไปพอดี (ดังรูปที่ 3.27)



รูปที่ 3.28 แสดงค่าตำแหน่งในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL เพื่อให้ปากกาแตะกระดาษพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

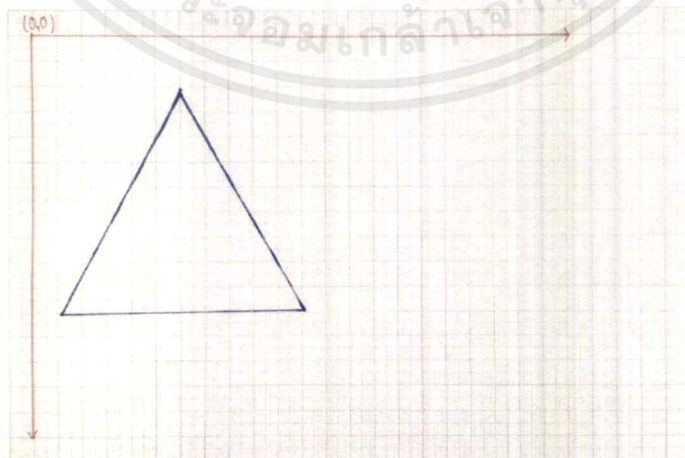
5. ขั้นตอนการลากเส้นจากพิกัดแรกถึงพิกัดสุดท้ายของรูปสามเหลี่ยมทั่วไป (ดังรูปที่ 3.28)



รูปที่ 3.29 แสดงขั้นตอนการลากเส้นจากพิกัดในโปรแกรม AutoCAD เมื่อ

- (a) พิกัดเริ่มต้นของสามเหลี่ยมทั่วไป (b) พิกัดที่สองของรูปสามเหลี่ยมทั่วไป
(c) พิกัดที่สามของรูปสามเหลี่ยมทั่วไป (d) พิกัดสิ้นสุดของรูปสามเหลี่ยมทั่วไป

6. เมื่อเสร็จสมบูรณ์จะได้รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า (ดังรูปที่ 3.29) สำหรับรูปเรขาคณิตแบบอื่นๆ สามารถใช้วิธีเดียวกับข้างต้นแต่เปลี่ยนค่าพิกัดจาก AutoCAD ตามรูปทรงที่ต้องการวาด



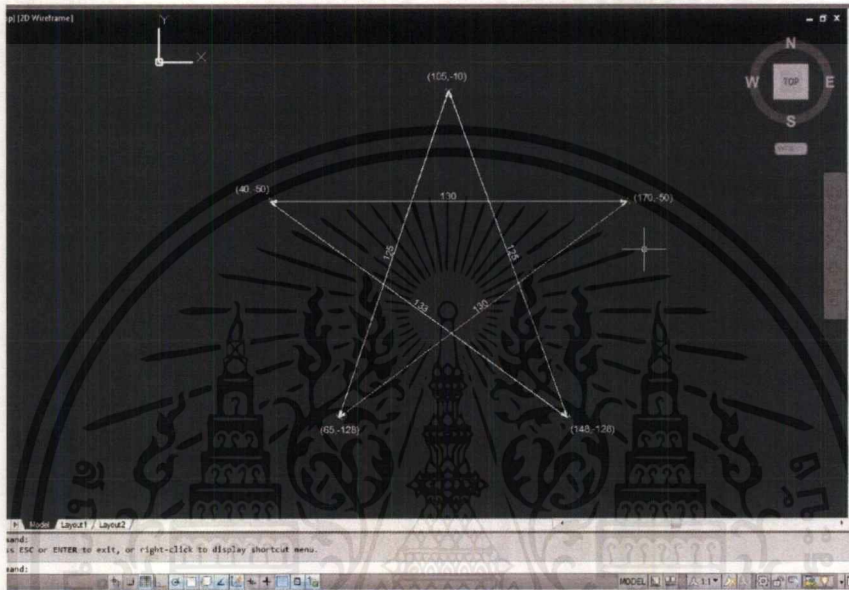
รูปที่ 3.30 แสดงรูปสามเหลี่ยมทั่วไปที่วาดจากแกน X,Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การทดลองการสร้างรูปอื่นๆด้วยเรขาคณิตพื้นฐาน

การทดลองนี้จะนำรูปเรขาคณิตพื้นฐานมาสร้างเป็นรูปต่างๆ โดยรูปที่สร้างขึ้นจะมีเงื่อนไขว่าจะไม่ยกปากกา มีขั้นตอนดังนี้

1. วาดรูปที่เราต้องการในโปรแกรม AutoCAD เพื่อหาค่าพิกัดในแต่ละจุด เช่น รูปดาว (ดังรูปที่ 3.27)



รูปที่ 3.31 แสดงพิกัดรูปดาวในโปรแกรม AutoCAD

2. นำค่าพิกัดที่ได้จากโปรแกรม AutoCAD มาใส่ในโปรแกรม Microsoft office excel

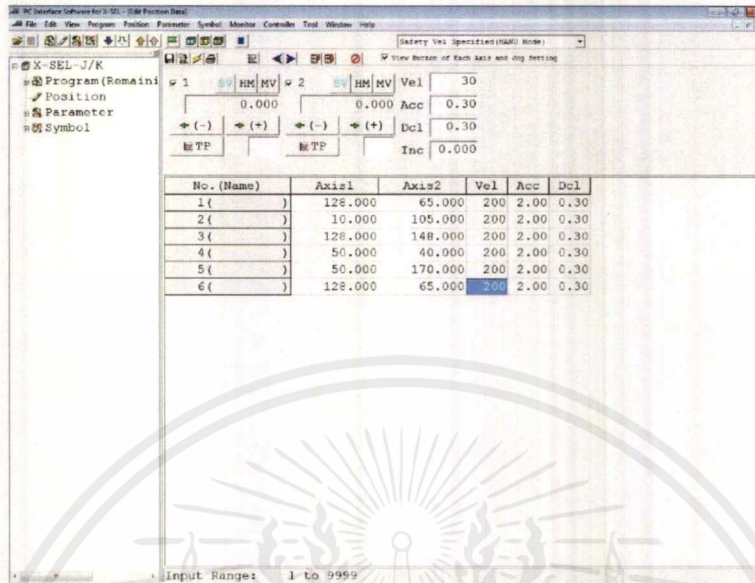
(ดังรูปที่ 3.28)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	120	45															
2	10	105															
3	120	140															
4	50	40															
5	50	170															
6	120	45															
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	

รูปที่ 3.32 แสดงการเรียงค่าพิกัดในโปรแกรม Microsoft office excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

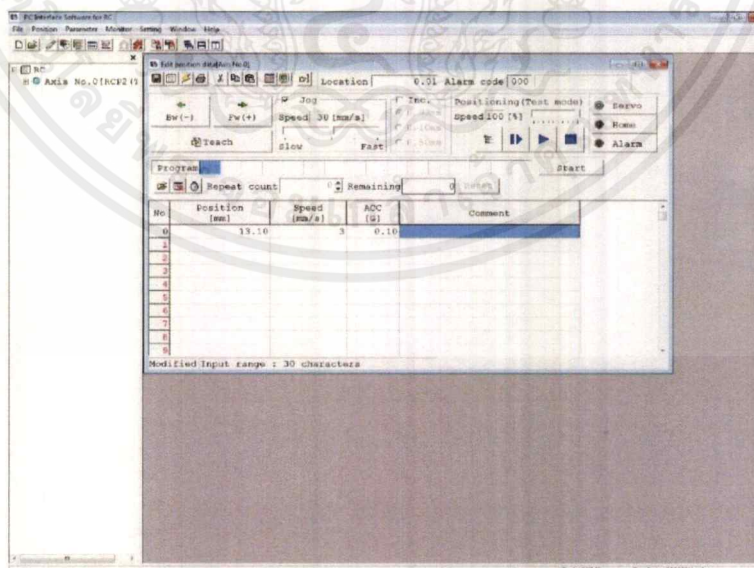
3. นำพิกัดจากโปรแกรม Microsoft office excel มาใส่ในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL เพื่อสร้างรูปดาว (ดังรูปที่ 3.29)



No. (Name)	Axis1	Axis2	Vel	Acc	Dcl
1 ()	128.000	65.000	200	2.00	0.30
2 ()	10.000	105.000	200	2.00	0.30
3 ()	128.000	148.000	200	2.00	0.30
4 ()	50.000	40.000	200	2.00	0.30
5 ()	50.000	170.000	200	2.00	0.30
6 ()	128.000	65.000	200	2.00	0.30

รูปที่ 3.33 แสดงค่าพิกัดรูปดาวในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL

4. ปรับค่าตำแหน่งในโปรแกรมเพื่อควบคุมแกน Z ให้ปากกาแตะกระดาษที่ตำแหน่งเริ่มต้นของรูปดาวพอดี (ดังรูปที่ 3.30)

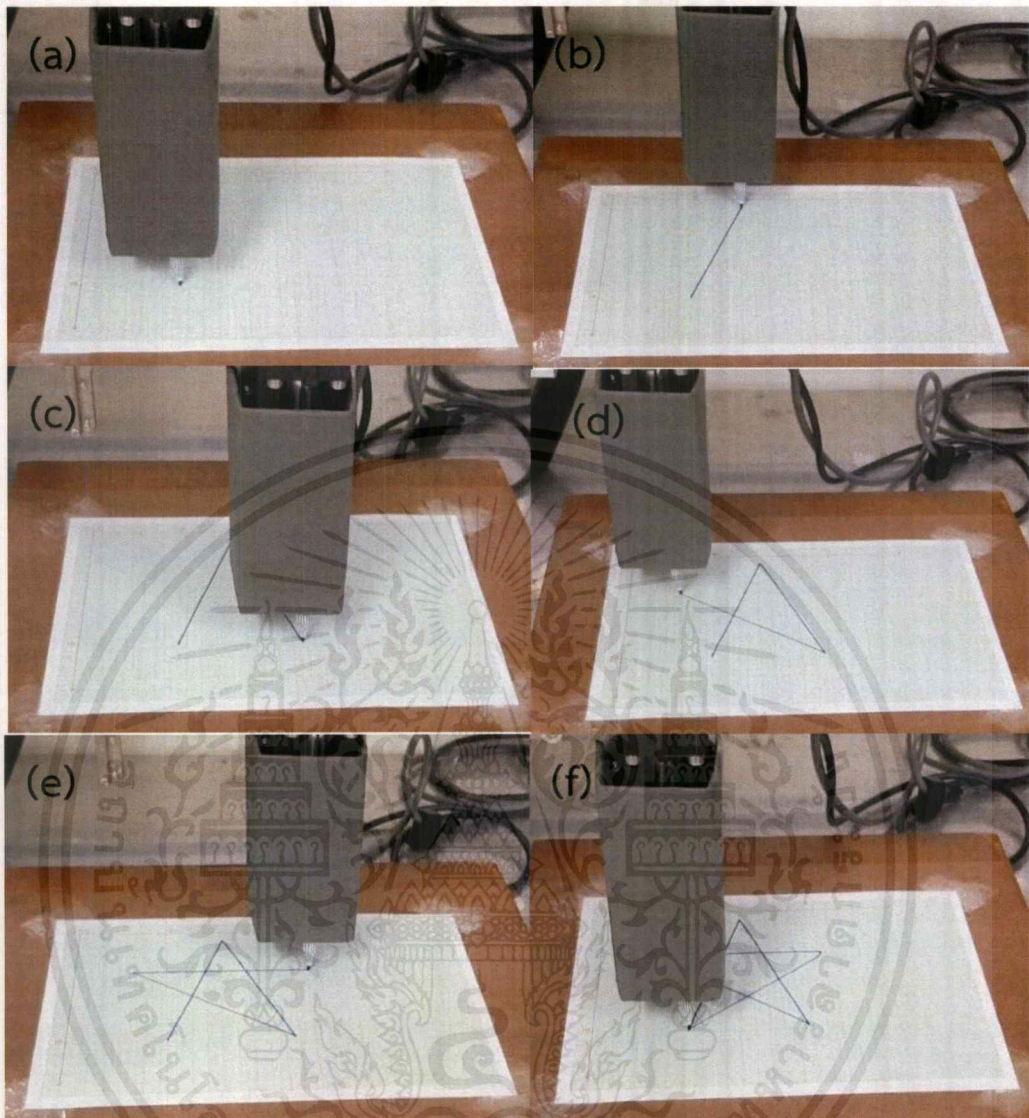


No.	Position (mm)	Speed (mm/s)	ACC (g)	Comment
0	13.10	3	0.10	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

รูปที่ 3.34 แสดงการปรับค่าตำแหน่งในโปรแกรมเพื่อให้ปากกาแตะกระดาษพอดี

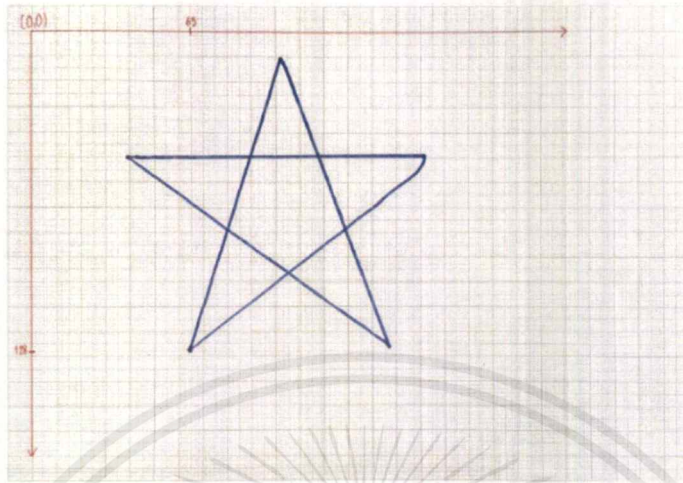
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการลากเส้นจากพิกัดแรกถึงพิกัดสุดท้ายของรูปดาว (ดังรูปที่ 3.31)



รูปที่ 3.35 แสดงขั้นตอนการลากเส้นจากพิกัดแรก รูป (a) จนถึงพิกัดสุดท้าย รูป (f)

6. เมื่อเสร็จสมบูรณ์จะได้รูปดาว (ดังรูปที่ 3.32) สำหรับรูปอื่นๆสามารถใช้วิธีเดียวกับข้างต้น แต่เปลี่ยนค่าพิกัดจาก AutoCAD ตามรูปทรงที่ต้องการวาด



รูปที่ 3.36 แสดงรูปดาวที่วาดจากแกนกล

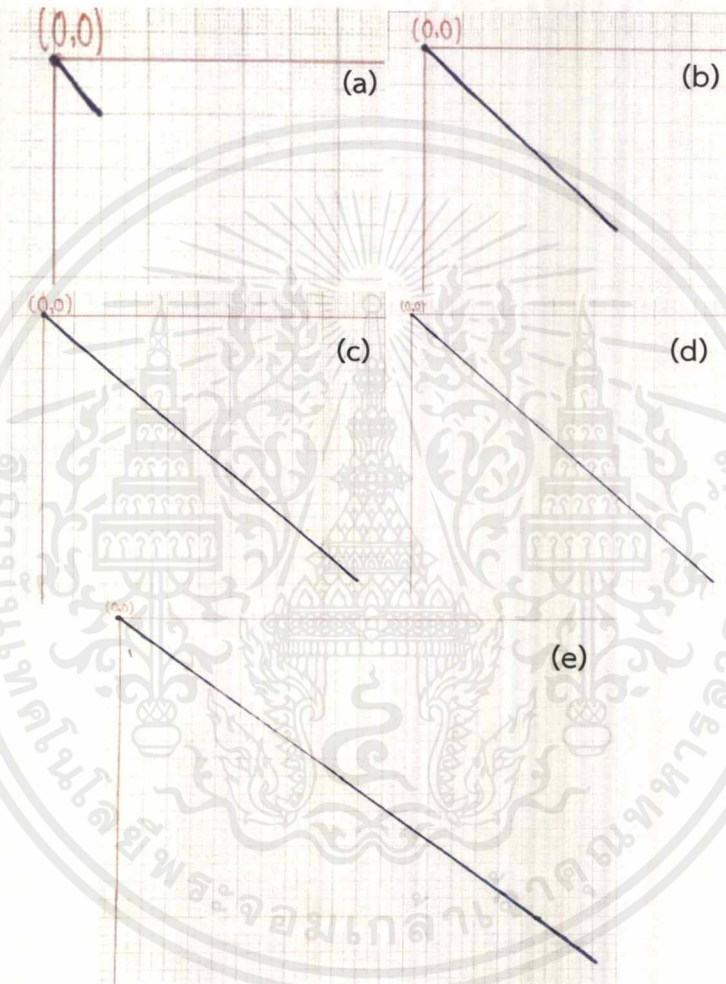


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่โดยวิธีการเคลื่อนแกนไป - กลับ



รูปที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ 5 ระยะการเคลื่อนที่

(a) ระยะ 10 mm. (b) ระยะ 50 mm. (c) ระยะ 100 mm.

(d) ระยะ 150 mm. (e) ระยะ 200 mm.

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ในแนวแกน X,Y ในระยะต่างๆตามที่กำหนด

ระยะการเคลื่อนที่ที่กำหนด ไว้ในโปรแกรม (mm)		ระยะที่เคลื่อนที่ได้ (mm) ครั้งที่							
X	Y	1		2		3		เฉลี่ย	
		X	Y	X	Y	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}
10	10	10	9	8	9	8	9	9	8
50	50	48	49	48	49	48	49	48	49
100	100	99	99	99	99	99	99	99	99
150	150	149	149	149	149	149	149	149	149
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

จากผลการทดลองการเคลื่อนที่ในแนวแกน X,Y ในระยะต่างๆตามที่กำหนด โดยผลการทดลองที่ทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง พบว่ามีผลตามตารางที่ 4.1 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน ดังในตารางที่ 4.2

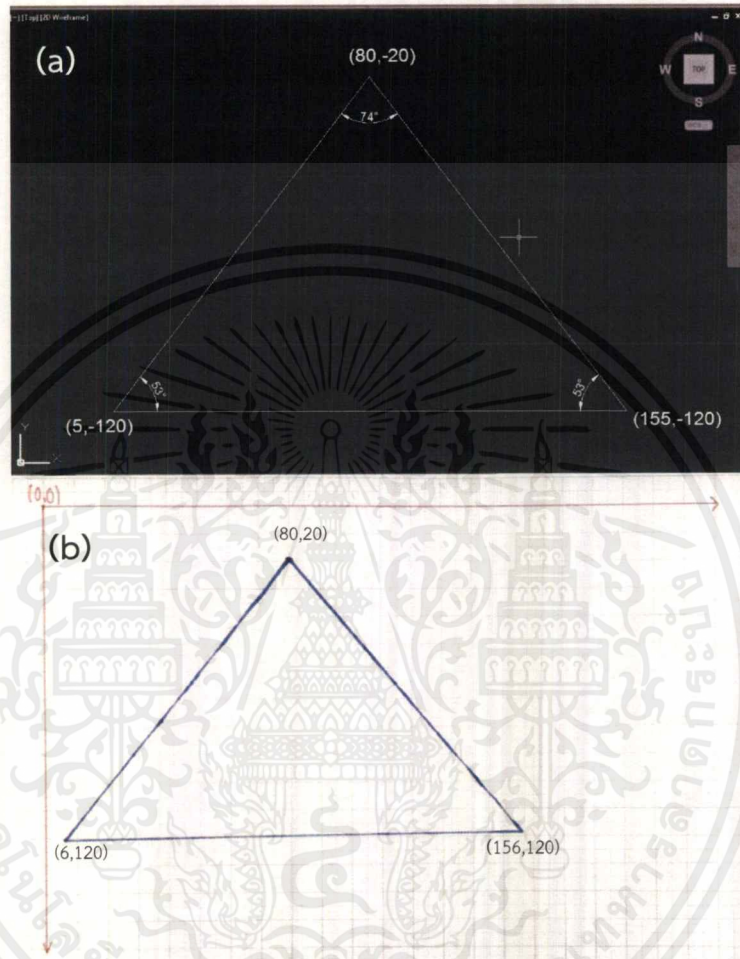
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน

ระยะการเคลื่อนที่ (mm)		ระยะที่เคลื่อนที่ได้เฉลี่ย (mm)		ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	
X	Y	\bar{X}	\bar{Y}	X	Y
10	10	9	9	13	10
50	50	48	49	4	2
100	100	99	99	1	1
150	150	149	149	1	1
200	200	200	200	0	0

จากค่าเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนที่แสดงใน ตารางที่ 4.2 พบว่าแขนกลมีความแม่นยำสูงมาก กล่าวคือสามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะที่ต้องการ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เกิดจากฟันเฟืองด้านในสีก ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างฟันเฟือง เมื่อเพิ่มระยะการเคลื่อนที่มากขึ้นช่องว่างระหว่างฟันเฟืองจะน้อยลงจนถึงระยะสูงสุดที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ฟันเฟืองจะขบกันพอดีทำให้ไม่มีความคลาดเคลื่อน

4.2 ผลการทดลองการสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐาน

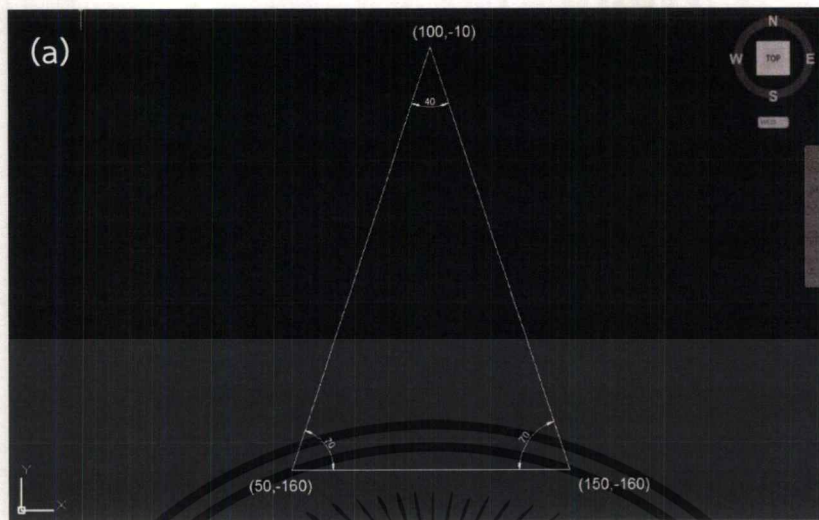
4.2.1 รูปสามเหลี่ยมทั่วไป



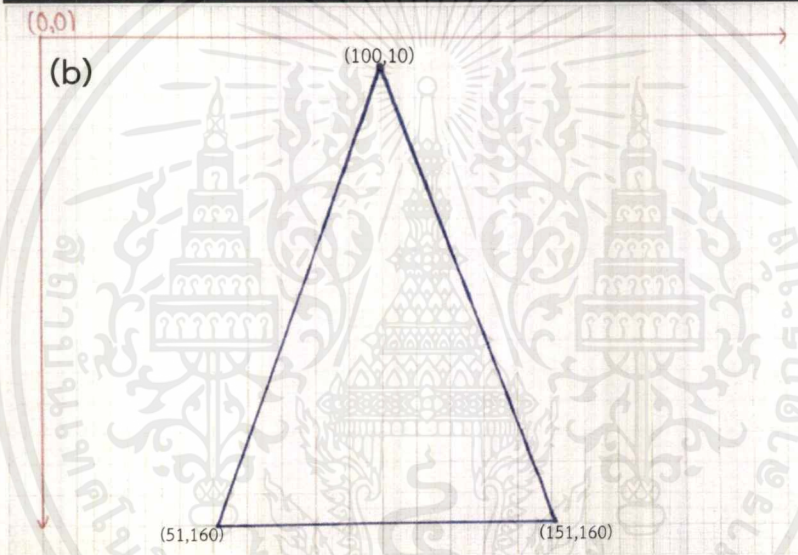
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปสามเหลี่ยมทั่วไปที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปสามเหลี่ยมทั่วไปที่วาดได้จากแกนกล

4.2.2 รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว



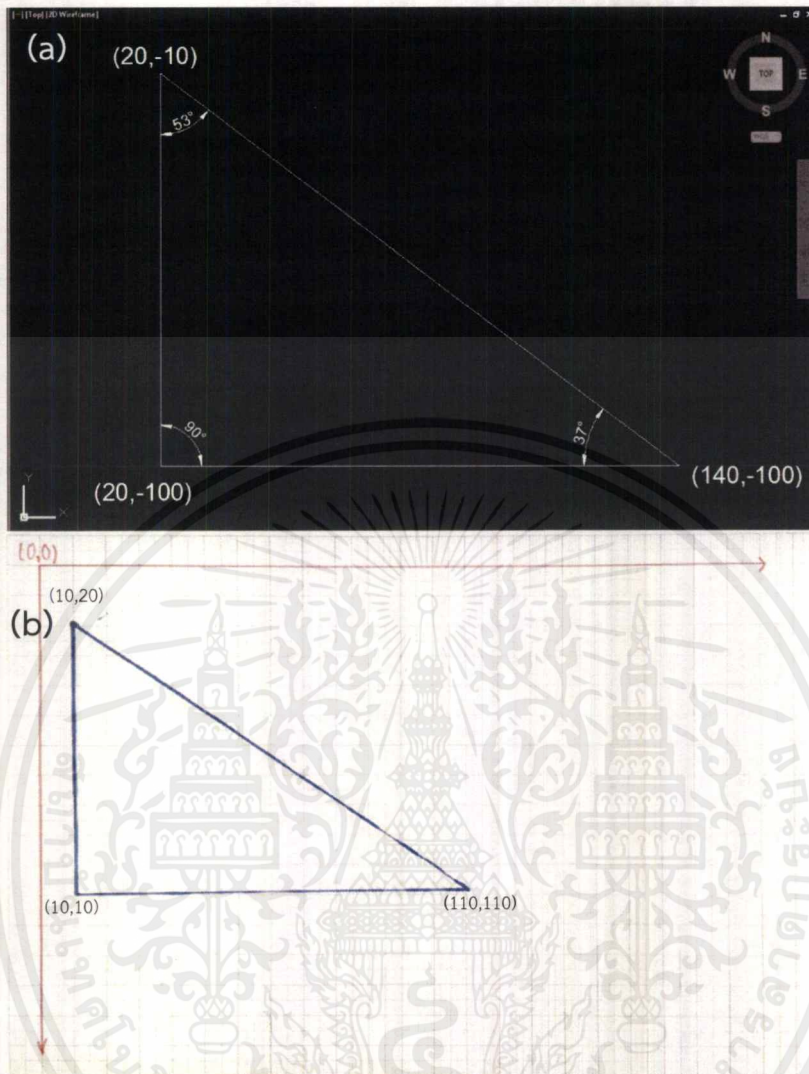
3



รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่วาดได้จากแขนกล

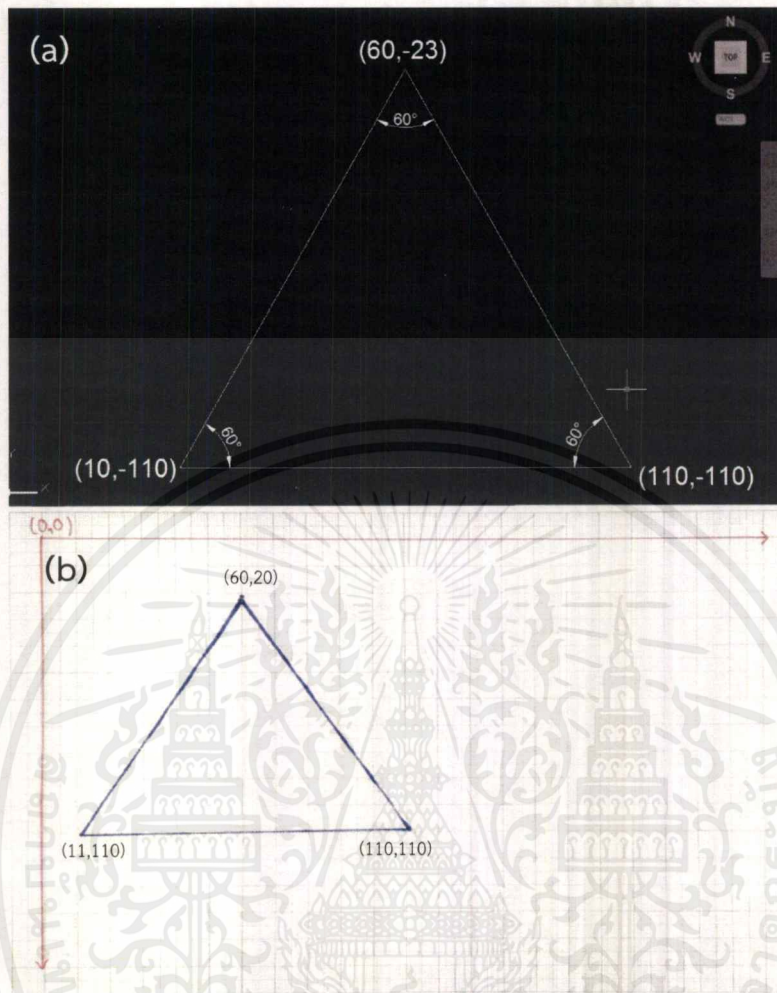
4.2.3 รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก



รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่วาดได้จากแขนกล

4.2.4 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า



รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
 (b) พิกัดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่วาดได้จากแขนกล

จากรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.5 เป็นการสร้างรูปทรงสามเหลี่ยมทั้ง 4 ชนิด จากการสร้างรูปเพื่อหาพิกัดในแต่ละจุดจากโปรแกรม AutoCAD นำมาเปรียบเทียบกับพิกัดในแต่ละจุดที่แขนกลสามารถวาดออกมาได้ โดยจะทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการสร้างรูปสามเหลี่ยมทั้ง 4 ชนิดเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCAD เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้

รูป	พิกัดในโปรแกรม		พิกัดที่แขนกลวาดได้						พิกัดที่แขนกลวาดได้เฉลี่ย	
	AutoCAD		1		2		3			
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}
สามเหลี่ยมทั่วไป	80	20	80	20	80	20	80	20	80	20
	155	120	156	120	156	120	156	120	156	120
	5	120	6	120	6	121	6	121	6	121
สามเหลี่ยมหน้าจั่ว	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10
	150	160	151	160	151	160	151	160	151	160
	50	160	51	160	51	160	51	160	51	160
สามเหลี่ยมมุมฉาก	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10
	140	100	141	100	141	99	141	100	141	100
	20	100	21	100	20	100	20	100	20	100
สามเหลี่ยมด้านเท่า	60	23	60	23	60	23	60	23	60	23
	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
	10	110	11	110	11	110	11	110	11	110

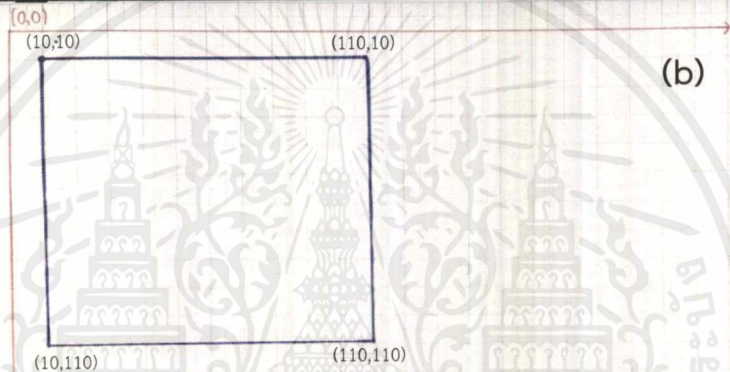
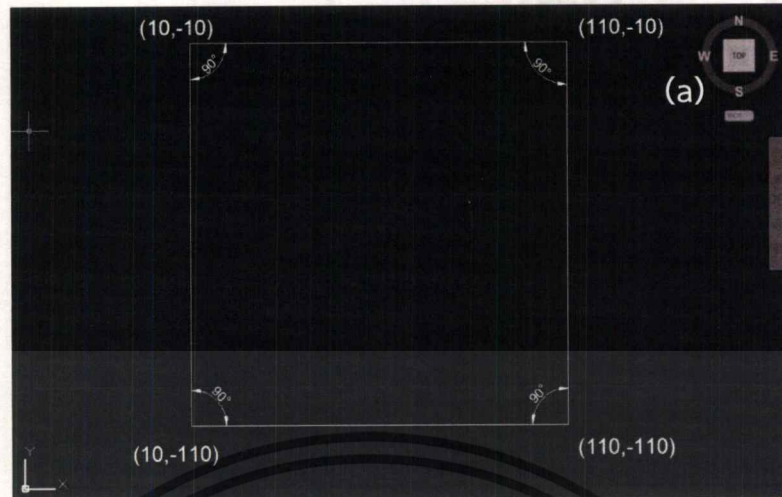
จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการสร้างรูปสามเหลี่ยมทั้ง 4 ชนิด โดยการนำพิกัดที่กำหนดในโปรแกรม AutoCAD เพื่อเปรียบเทียบกับพิกัดที่วาดออกมาโดยแขนกลแกน X,Y พบว่าพิกัดที่วาดออกมาโดยแขนกล มีความใกล้เคียงกับพิกัดที่กำหนดในโปรแกรม AutoCAD เป็นอย่างมาก โดยจะสามารถนำมาคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้จากตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปสามเหลี่ยม

รูป	พิกัดในโปรแกรม AutoCAD		พิกัดที่แขนกลวาด ได้ เฉลี่ย		ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	
	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}	X	Y
สามเหลี่ยมทั่วไป	80	20	80	20	0	0
	155	120	156	120	1	0
	5	120	6	121	20	1
สามเหลี่ยมหน้าจั่ว	100	10	100	10	0	0
	150	160	151	160	1	0
	50	160	51	160	2	0
สามเหลี่ยมมุมฉาก	20	10	20	10	0	0
	140	100	141	100	1	0
	20	100	20	100	0	0
สามเหลี่ยมด้านเท่า	60	23	60	23	0	0
	110	110	110	110	0	0
	10	110	11	110	10	0

จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปสามเหลี่ยมทั้ง 4 ชนิด แสดงให้เห็นว่าจากตำแหน่งพิกัดที่กำหนดในโปรแกรม AutoCAD เปรียบเทียบกับ พิกัดของรูปสี่เหลี่ยมที่แขนกลวาดออกมาได้ พบว่า มีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก โดยความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ตำแหน่ง X = 5 มีค่าความคลาดเคลื่อน 20%

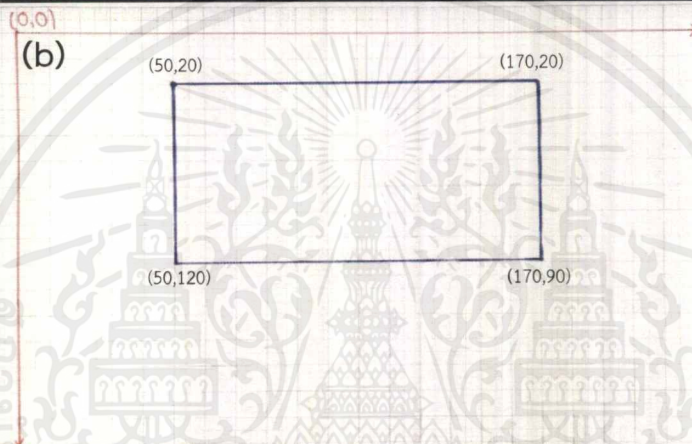
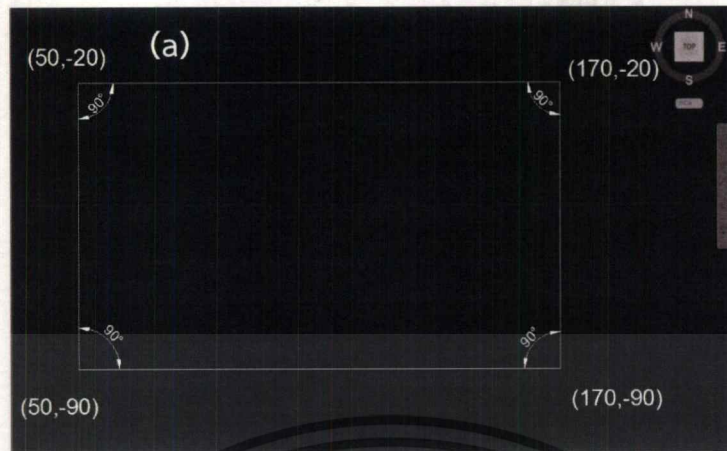
4.2.5 รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่วาดได้จากแขนกล

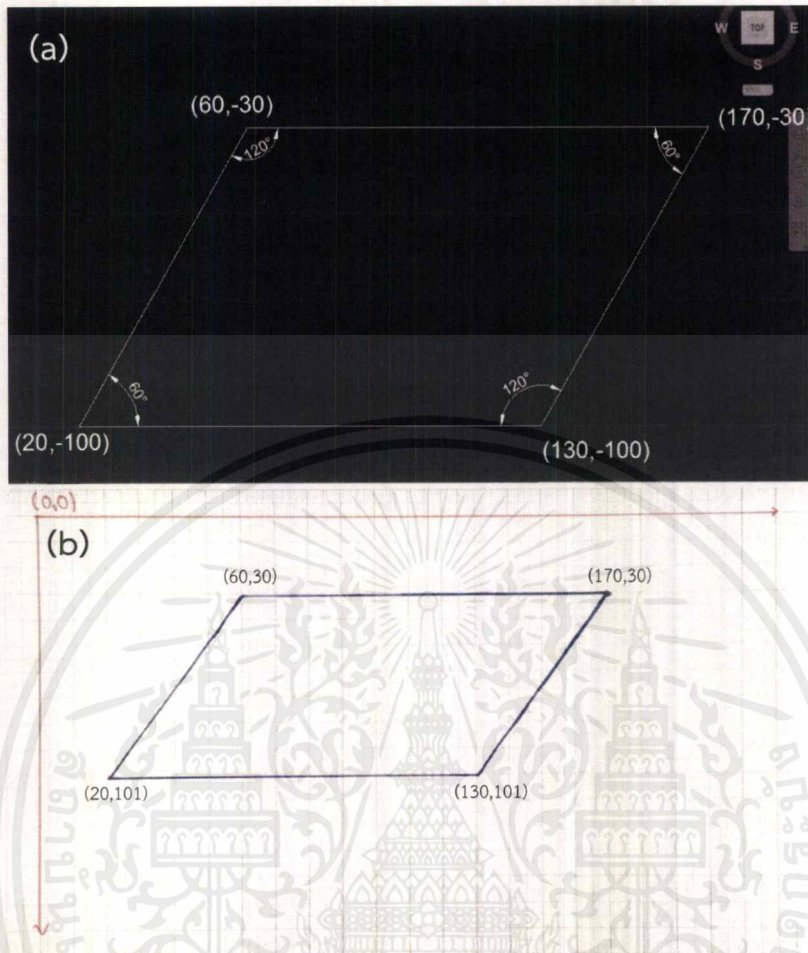
4.2.6 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่วาดได้จากแกนกล

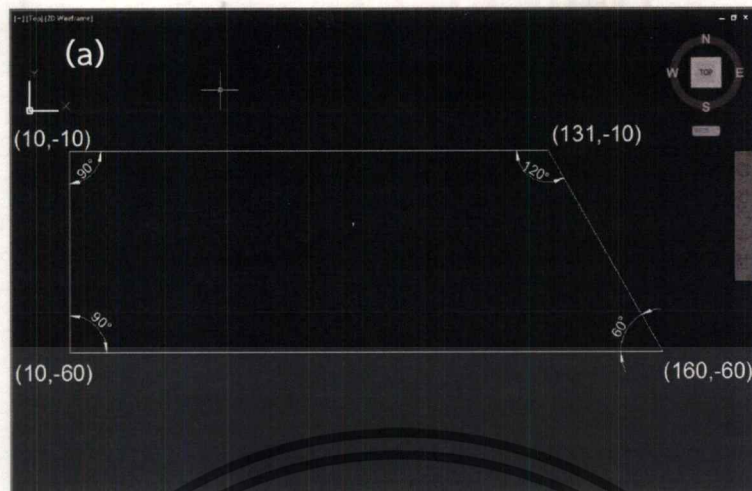
4.2.7 รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน



รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่วาดได้จากแขนกล

4.2.8 รูปสี่เหลี่ยมคางหมู



รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่วาดได้จากแขนกล

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการสร้างรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 4 ชนิดเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCAD เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้

รูป	พิกัดในโปรแกรม		พิกัดที่แขนกลวาดได้						พิกัดที่แขนกลวาดได้เฉลี่ย	
	AutoCAD		1		2		3			
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	110	10	110	10	110	9	110	9	110	9
	110	110	110	110	110	109	111	109	110	109
	10	110	10	110	10	110	11	110	10	110
สี่เหลี่ยมผืนผ้า	50	20	50	20	50	20	50	20	50	20
	170	20	170	20	170	20	170	20	170	20
	170	90	170	90	170	90	171	89	170	90
	50	90	50	90	51	90	50	90	50	90
สี่เหลี่ยมด้านขนาน	60	30	60	30	60	31	60	31	60	31
	170	30	170	30	170	30	170	30	170	30
	130	100	130	101	131	101	131	100	131	101
	20	100	20	101	21	102	21	101	21	101
สี่เหลี่ยมคางหมู	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	131	10	130	10	131	8	131	9	131	9
	160	60	160	60	161	58	161	59	161	59
	10	60	10	60	11	60	10	60	10	60

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองการสร้างรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 4 ชนิด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของพิกัดในแต่ละจุด พบว่า รูปจากการวาดโดยใช้แขนกลมีพิกัดใกล้เคียงกับรูปที่กำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCAD โดยสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อน (%) ได้จากตารางที่ 4.6

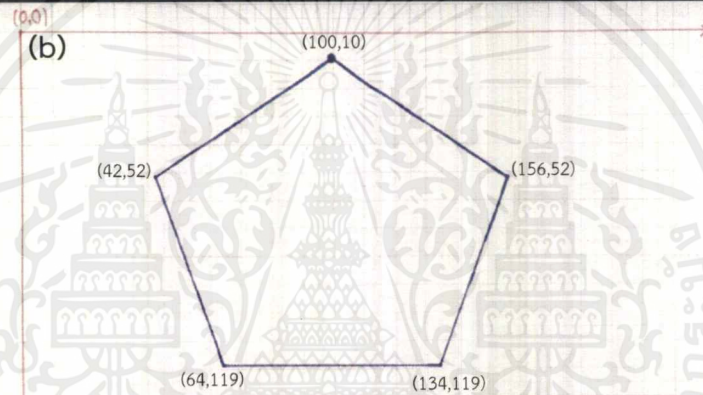
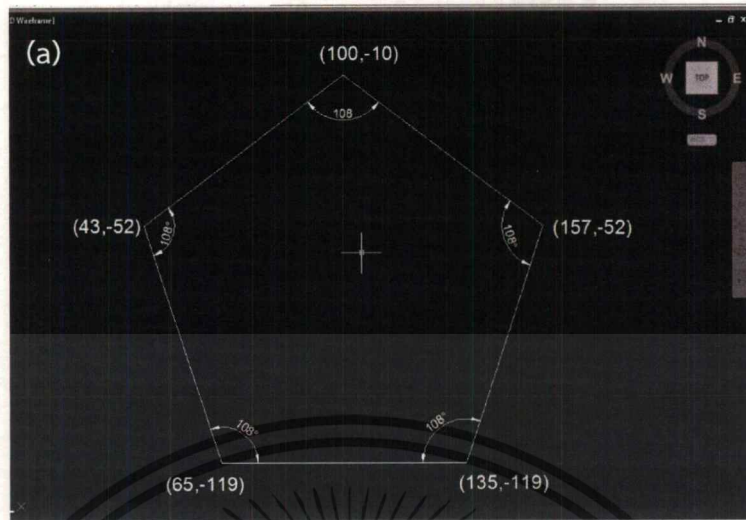
ตารางที่ 4.6 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปสี่เหลี่ยม

รูป	พิกัดในโปรแกรม AutoCAD		พิกัดที่แขนกลวาดได้ เฉลี่ย		ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	
	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}	X	Y
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	10	10	10	10	0	0
	110	10	110	9	0	10
	110	110	110	109	0	1
	10	110	10	110	0	0
สี่เหลี่ยมผืนผ้า	50	20	50	20	0	0
	170	20	170	20	0	0
	170	90	170	90	0	0
	50	90	50	90	0	0
สี่เหลี่ยมด้านขนาน	60	30	60	31	0	3
	170	30	170	30	0	0
	130	100	131	101	1	1
	20	100	21	101	5	1
สี่เหลี่ยมคางหมู	10	10	10	10	0	0
	131	10	131	9	0	10
	160	60	161	59	1	2
	10	60	10	60	0	0

จากตารางที่ 4.6 แสดงค่าความคลาดเคลื่อน (%) จะพบว่า พิกัดในโปรแกรม AutoCAD กับ พิกัดที่แขนกลวาดได้ จะใกล้เคียงกันมาก ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด คือรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

$Y = 10$ และ รูปสี่เหลี่ยมคางหมู $Y = 10$ มีค่าความคลาดเคลื่อน 10 %

4.2.9 รูปห้าเหลี่ยม



รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

(a) พิกัดรูปห้าเหลี่ยมที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD

(b) พิกัดรูปห้าเหลี่ยมที่วาดได้จากแขนกล

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการสร้างรูปห้าเหลี่ยมเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม Auto cad
เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้

รูป	พิกัดในโปรแกรม		พิกัดที่แขนกลวาดได้						พิกัดที่แขนกลวาด ได้ เฉลี่ย	
	AutoCAD		1		2		3		\bar{X}	\bar{Y}
ห้าเหลี่ยม	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10
	157	52	156	52	155	52	156	51	156	52
	135	119	134	119	136	116	137	116	136	117
	65	119	64	119	66	117	66	117	66	118
	43	52	42	52	43	52	43	52	43	52

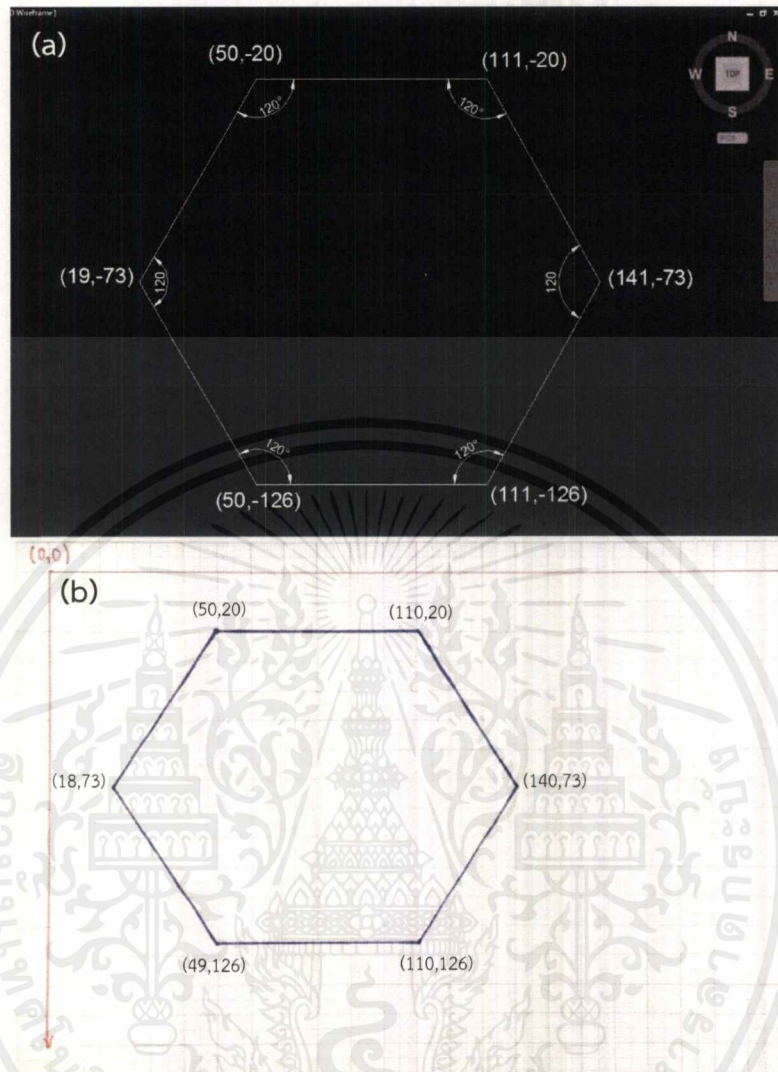
จากตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองการสร้างรูปห้าเหลี่ยม แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของพิกัดในแต่ละจุด พบว่า รูปจากการวาดโดยใช้แขนกลมีพิกัดใกล้เคียงกับรูปที่กำหนดพิกัดในโปรแกรม Auto cad โดยสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อน (%) ได้จากตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปห้าเหลี่ยม

รูป	พิกัดในโปรแกรม		พิกัดที่แขนกลวาดได้		ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	
	AutoCAD		เฉลี่ย		X	Y
ห้าเหลี่ยม	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}	X	Y
	100	10	100	10	0	0
	157	52	156	52	1	0
	135	119	136	117	1	2
	65	119	66	118	2	1
	43	52	43	52	0	0

จากตารางที่ 4.8 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละพิกัดของรูปห้าเหลี่ยม พบว่า พิกัดที่กำหนดในโปรแกรม Auto cad กับ พิกัดที่แขนกลวาดได้ มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงถึงความแม่นยำของแขนกล โดยตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ Y = 119 และ X = 65 ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อน 2%

4.2.10 รูปหกเหลี่ยม



รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปหกเหลี่ยมที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปหกเหลี่ยมที่วาดได้จากแกนกล

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการสร้างรูปหกเหลี่ยมเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCAD
เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้

รูป	พิกัดในโปรแกรม		พิกัดที่แขนกลวาดได้						พิกัดที่แขนกลวาด ได้ เฉลี่ย	
	AutoCAD		1		2		3			
หกเหลี่ยม	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}
	50	20	50	20	50	20	50	20	50	20
	111	20	111	19	110	20	110	20	110	20
	141	73	142	72	140	73	141	72	141	72
	111	126	112	125	110	126	112	126	111	126
	50	126	51	126	49	126	51	126	50	126
	19	73	20	73	18	73	20	73	19	73

จากตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการสร้างรูปหกเหลี่ยม โดยแสดงค่าพิกัดระหว่าง พิกัดที่
กำหนดในโปรแกรม AutoCAD กับ พิกัดที่แขนกลวาดได้ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยทำการหา
ค่าเฉลี่ยพิกัดดังตารางที่ 4.9 และสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อน (%) ได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปหกเหลี่ยม

รูป	พิกัดในโปรแกรม		พิกัดที่แขนกลวาดได้		ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	
	AutoCAD		เฉลี่ย			
หกเหลี่ยม	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}	X	Y
	50	20	50	20	0	0
	111	20	110	20	1	0
	141	73	141	72	0	1
	111	126	111	126	0	0
	50	126	50	126	0	0
	19	73	19	73	0	0

จากตารางที่ 4.10 ค่าความคลาดเคลื่อน (%) พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก โดยค่า
ความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด คือ $X = 111$ และ $Y = 73$ มีค่าความคลาดเคลื่อน 1%

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการสร้างรูปวงกลมเพื่อกำหนดพิกัดในโปรแกรม AutoCAD
เปรียบเทียบกับ พิกัดที่แขนกลสามารถวาดได้

รูป	พิกัดในโปรแกรม AutoCAD		พิกัดที่แขนกลวาดได้						พิกัดที่แขนกลวาด ได้ เฉลี่ย	
			1		2		3			
วงกลม	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}
	50	20	50	20	50	20	50	20	50	20
	81	52	81	52	81	52	80	52	81	52
	50	83	50	83	50	83	50	83	50	83
	19	52	18	52	18	52	19	52	18	52

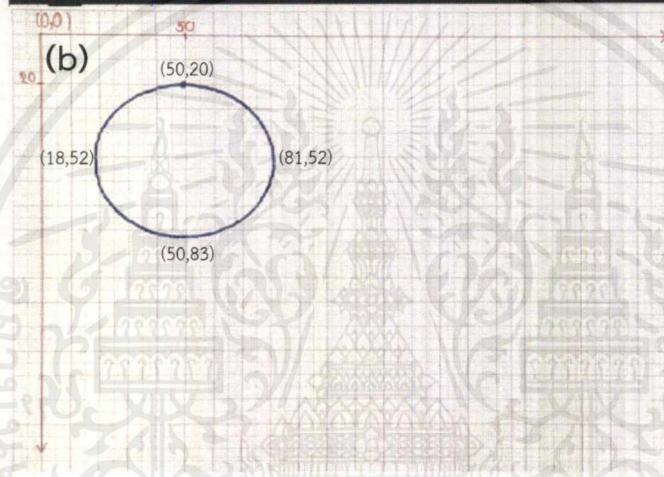
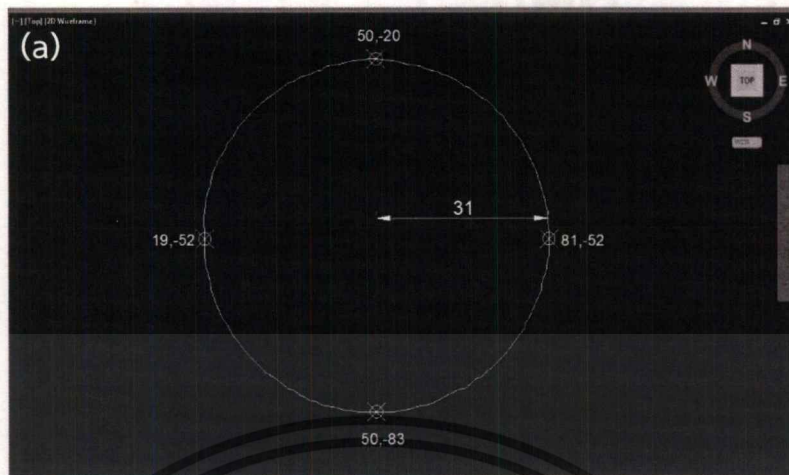
จากตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการสร้างรูปวงกลม แสดงค่าพิกัดระหว่าง พิกัดที่กำหนดในโปรแกรม AutoCAD กับ พิกัดที่แขนกลวาดได้ โดยการเลือกพิกัดมา 4 พิกัดจากพิกัดทั้งหมด เนื่องจากพิกัดการสร้างวงกลมมีจำนวนมาก โดยสามารถดูพิกัดการเคลื่อนที่เพิ่มเติมได้จากภาคผนวก ในการทดลองนี้สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อน (%) ได้จากตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปวงกลม

รูป	พิกัดในโปรแกรม AutoCAD		พิกัดที่แขนกลวาดได้		ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	
			เฉลี่ย			
วงกลม	X	Y	\bar{X}	\bar{Y}	X	Y
	50	20	50	20	0	0
	81	52	81	52	0	0
	50	83	50	83	0	0
	19	52	18	52	5	0

จากตารางที่ 4.12 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดรูปวงกลม โดยพบว่า พิกัดที่วาดออกมาได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยมากเมื่อเทียบกับพิกัดจากในโปรแกรม AutoCAD เพราะว่าพิกัดของวงกลมมีความละเอียดมาก ทำให้ผลที่ได้มีความแม่นยำมาก

4.2.11 รูปวงกลม

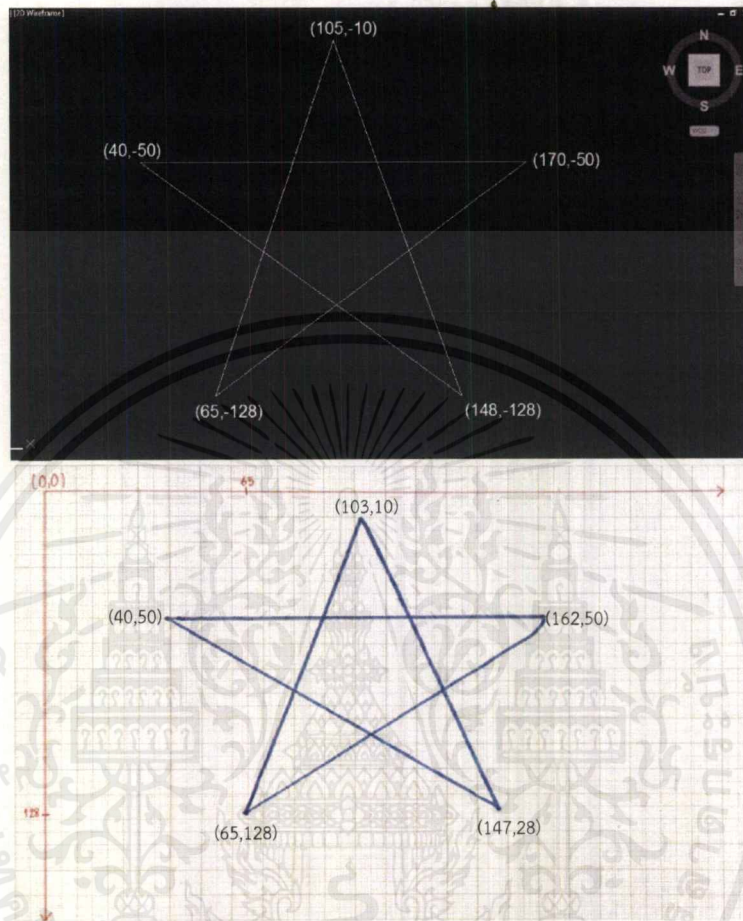


รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปวงกลมที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปวงกลมที่วาดได้จากแขนกล

4.3 ผลการทดลองการสร้างรูปอื่นๆด้วยเรขาคณิตพื้นฐาน

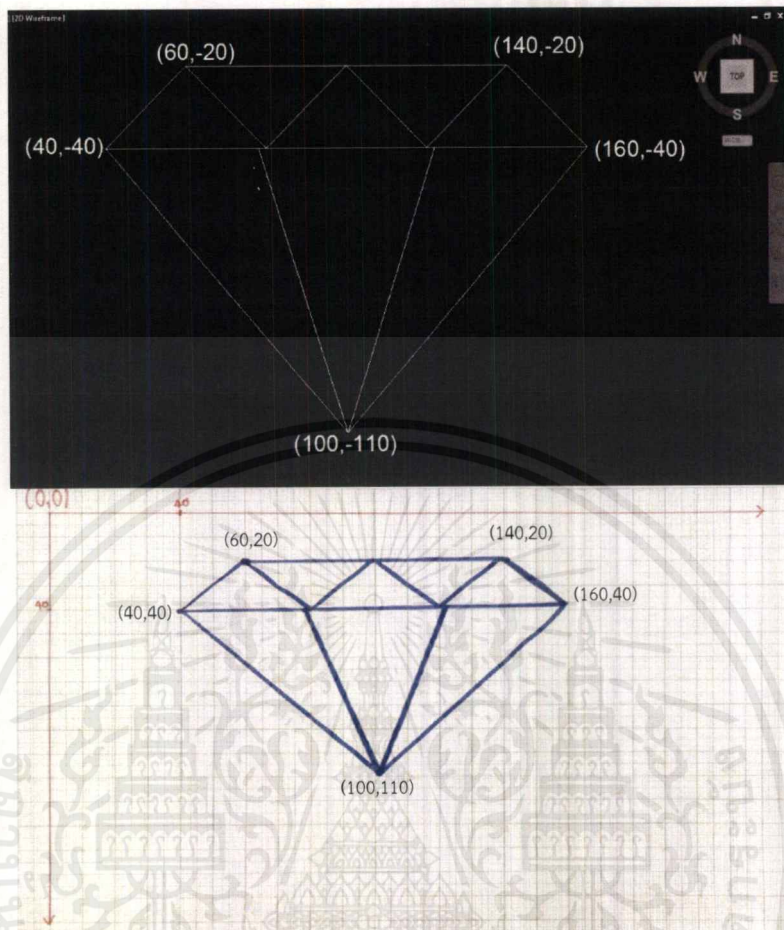
4.3.1 รูปดาว



รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปดาวที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปดาวที่วาดได้จากแขนกล

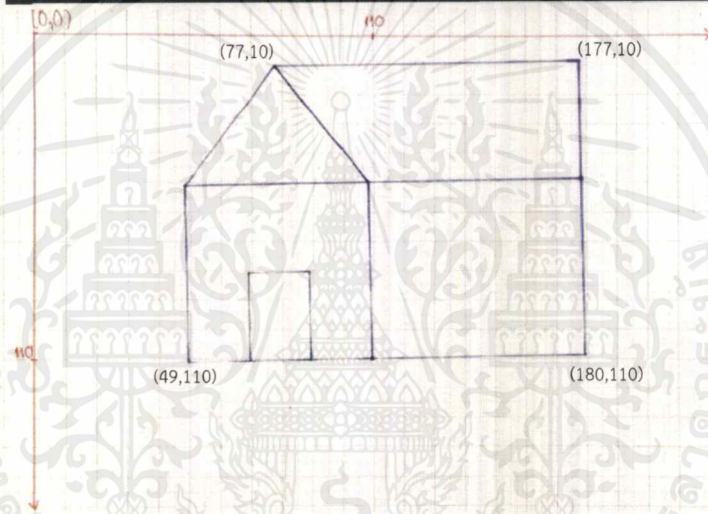
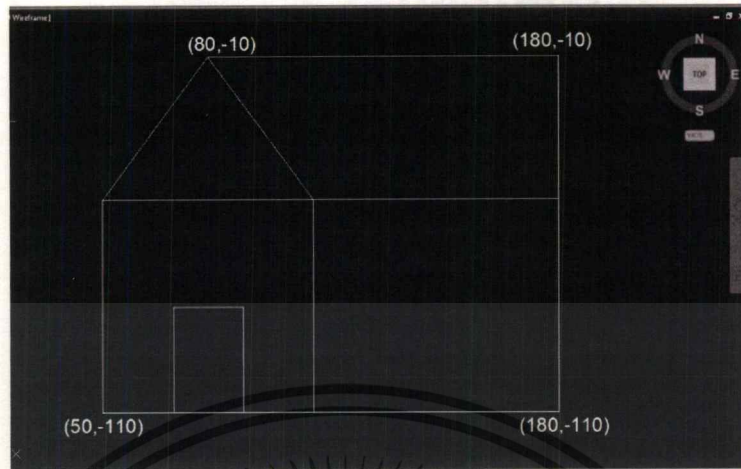
4.3.2 รูปเพชร



รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปเพชรที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปเพชรที่วาดได้จากแขนกล

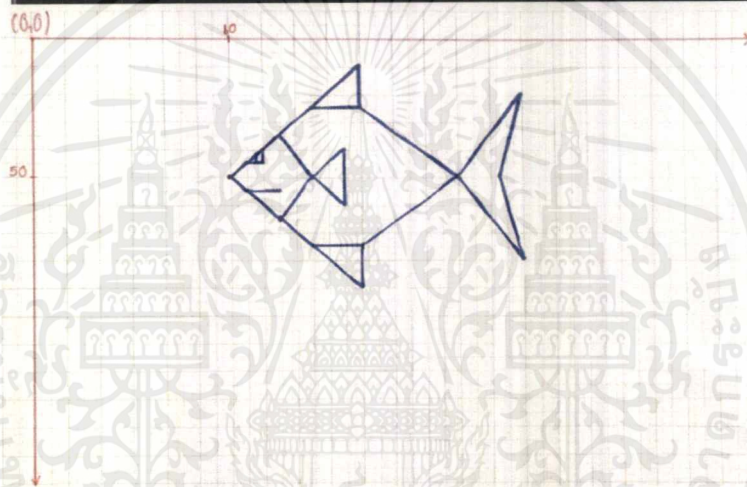
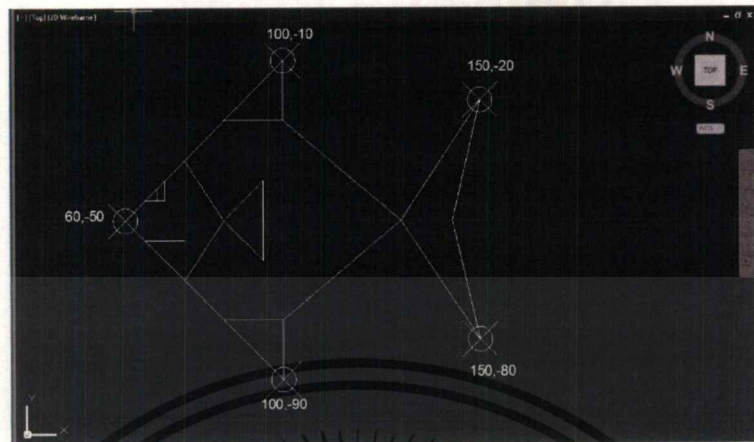
4.3.3 รูปบ้าน



รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปบ้านที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปบ้านที่วาดได้จากแขนกล

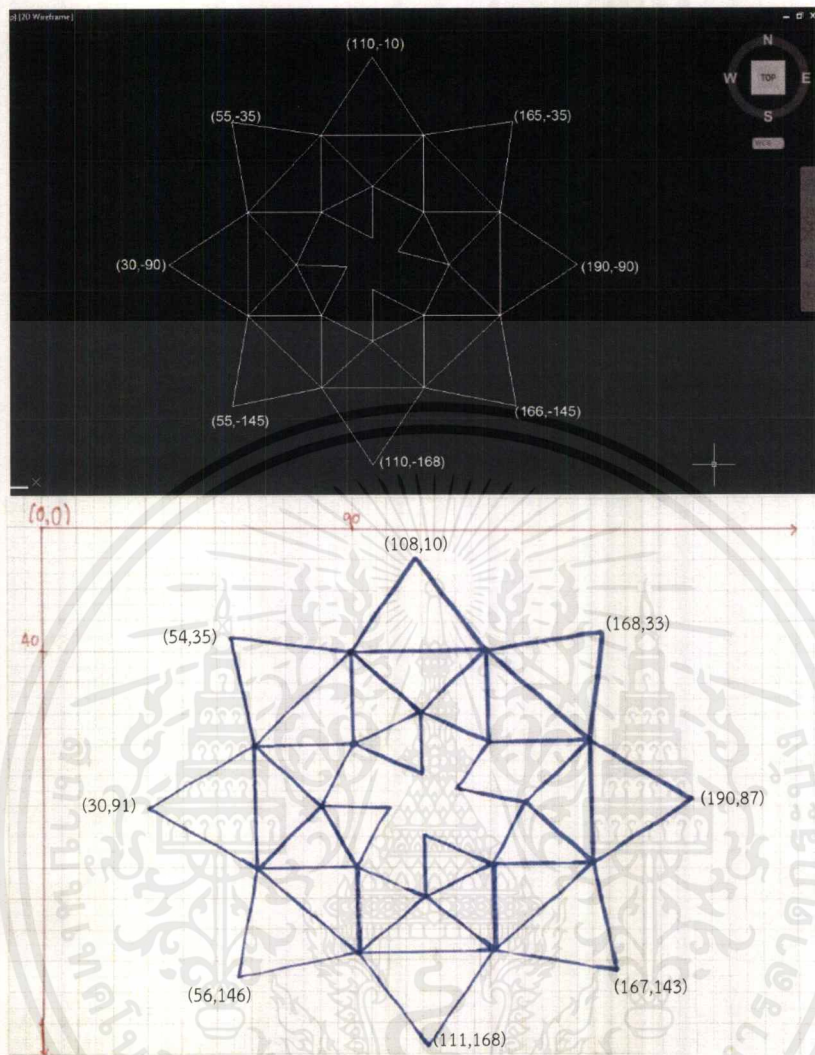
4.3.4 รูปปลา



รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปปลาที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปปลาที่วาดได้จากแขนกล

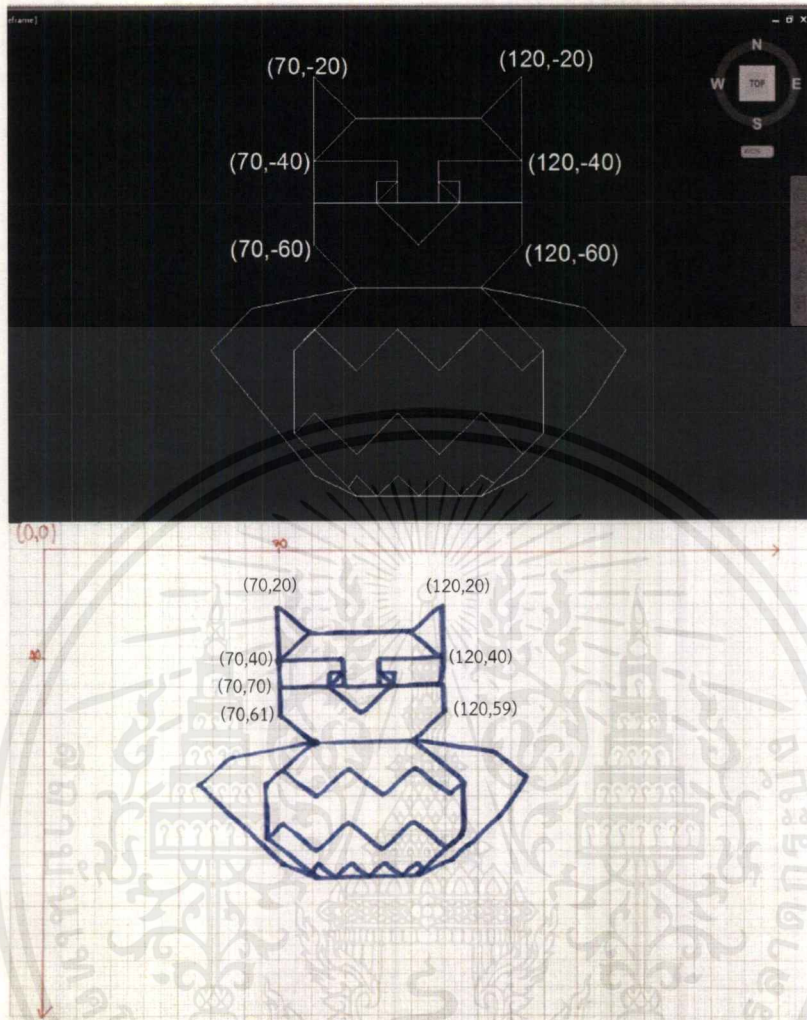
4.3.5 รูปดอกไม้



รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปดอกไม้ที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปดอกไม้ที่วาดได้จากแขนกล

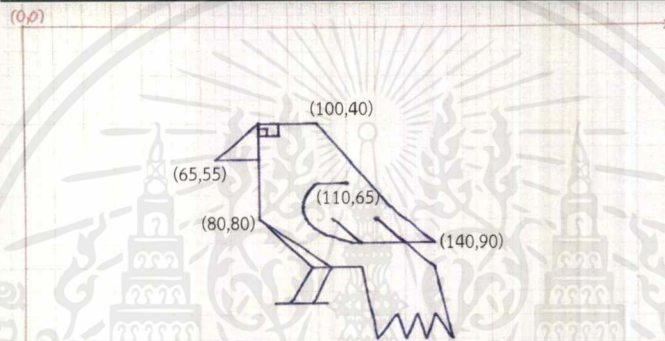
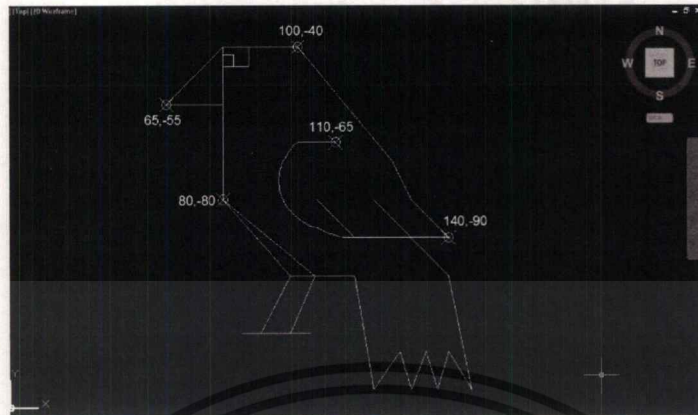
4.3.6 รูปนกฮูก



รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปนกฮูกที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปนกฮูกที่วาดได้จากแกนกล

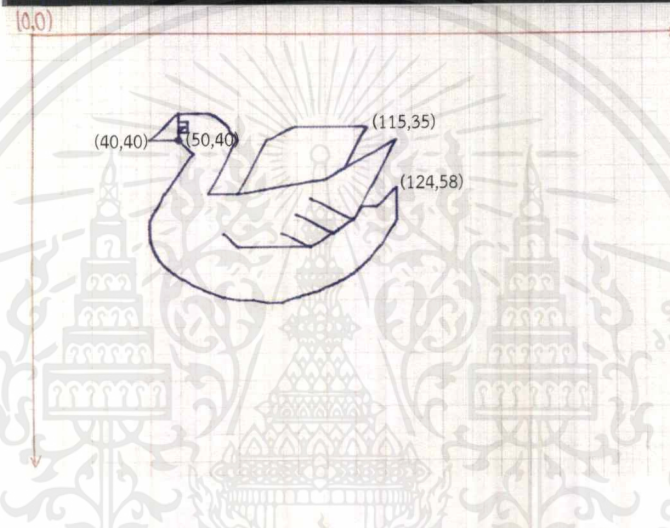
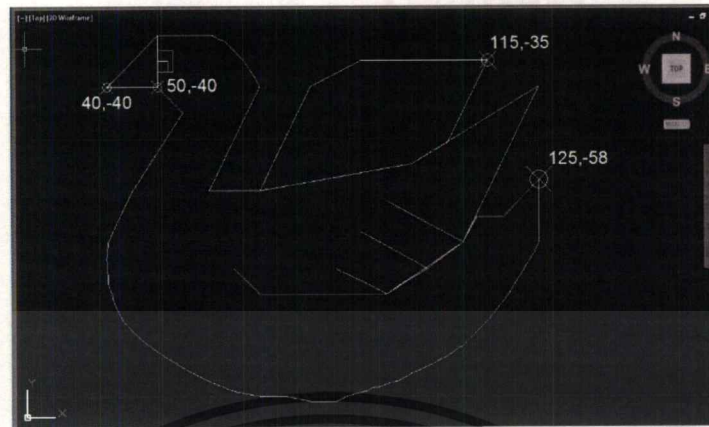
4.3.7 รูปนก



รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปนกที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปนกที่วาดได้จากแขนกล

4.3.8 รูปเปิด



รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง

- (a) พิกัดรูปเปิดที่เรากำหนดจากโปรแกรม AutoCAD
- (b) พิกัดรูปเปิดที่วาดได้จากแกนกล

จากการทดลองการสร้างรูปอื่นๆด้วยเรขาคณิตพื้นฐาน พบว่า เมื่อทำการลากเส้นโดยใช้แกนกลแกน X,Y รูปที่ได้เป็นไปตามพิกัดที่กำหนดจากโปรแกรม AutoCAD เกิดความคลาดเคลื่อนของพิกัด ยกตัวอย่าง เช่น รูปดาวพิกัด (170,50) รูปที่วาดได้จากแกนกล (162,50) โดยอาจเกิดจากการติดปากกาที่ไม่แน่นพอ ทำให้ไม่สามารถลากเส้นได้ตรงตามพิกัดที่ระบุในโปรแกรม AutoCAD ซึ่งในพิกัดอื่นๆก็มีการคลาดเคลื่อนดังเช่นที่ยกตัวอย่างมาข้างต้น และพิกัดของรูปทั้งหมดสามารถดูได้ในภาคผนวก ก

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการทำงานของระบบอัตโนมัติและความแม่นยำ โดยใช้ อุปกรณ์ที่เรียกว่า แขนกล (robot arm) ประเภทคาร์ทีเซียน โรบอท (Cartesian Robot) ประกอบไปด้วยแกน X,Y โดยใช้โปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ควบคุมการทำงานของทั้งสองแกน จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ระยะทางของแขนกล 0 – 200 mm. ระยะที่น้อยที่สุดที่ไม่มีความคลาดเคลื่อน คือ 170 mm. และในค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้คือไม่เกิน 5% ทำให้ระยะที่น้อยที่สุดในการเคลื่อนที่ของทั้งสองแกนที่อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ คือ 20 mm. ทำให้สามารถวาดรูปเรขาคณิตและรูปร่างต่างๆตามที่ต้องการได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

แขนกล (robot arm) ประเภทคาร์ทีเซียน โรบอท (Cartesian Robot) สามารถนำมาพัฒนาโดยการควบคุมแกน Z ให้สามารถทำงานไปพร้อมกันกับ แกน X และ แกน Y ได้

เอกสารอ้างอิง

engineer007.com. 2553. “ประเภทของหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม” [Online].

Available : <http://www.engineer007.com/articles /507474/หุ่นยนต์อุตสาหกรรม%20ประเภทต่างๆ.html>.

Step Your War. 2561. “การประยุกต์ใช้งานแขนกลการควบคุมแขนกลเบื้องต้น ตอนที่1” [Online].

Available : <http://www.stepyourway.com/tag/การประยุกต์ใช้งานแขนกล>.

factomart. ม.ป.ป. “Switching Power Supply คืออะไร แนะนำกันให้รู้ลึกจริงกับสวิทชิงเพาเวอร์ซัพพลาย” [Online].

Available : <https://mall.factomart.com/what-is-a-switching-power-supply/>.

factomart. ม.ป.ป. “Switching Power Supply กับหลักการทำงานที่ควรรู้” [Online].

Available : <https://mall.factomart.com/principle-of-switching-power-supply/>.

mindphp. 2559. “Controller คือนทโรลเลอร์ คืออะไร” [Online].

Available : <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/3490-controller-คือ.html>.

OMEGA MEASURING INSTRUMENT. 2017. “RS232” [Online].

Available : <https://www.omi.co.th/th/article/rs232>.

User manual MODEL I SDCR-S-I-60-16-200-T1-M-EM-NSE-SP SERIAL No. 600129146
MADE IN JAPAN. 2009. IAI America.

User manual MODEL RCP1-RSW-I_PM-10-100-P1-M-B-G1-SU-SCB35-NS-SP SERIAL No.
600129122. 2000. Intelligent Actuator.

User manual MODEL XSEL-J-2-60I-N1-EEE-2-2. n.d. IAI America.

User manual X-SEL Controller J/K Type No. ME0231-1D. n.d. IAI America.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User manual Global Specification Controller X-SSEELL-KKTT/KET No. ME0134-10B.
2014. IAI Corporation.

User manual Catalog RCP2 Series ROBO Cylinder Controller No. RCP2C-MJ0136-10A-
Feb0906-1. n.d. IAI America.

User manual RCP2 Series ROBO Cylinder Controller Manual No. ME0136-19B. 2014.
IAI Corporation.

User Manual PC Software for X-SEL No. ME0154-20A. 2016. IAI Corporation.

เขียนแบบก่อสร้างด้วยคอมพิวเตอร์. 2011. [Online].

Available : <http://branch.phraetc.itbaseth.com.pdf>.

ดร.ปิยนัย ภาชนะพรรณ. 2548. “คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ระบบแขน
กล” พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ฝ่ายวิจัยนโยบาย สวทช. 2560. “รายงานการศึกษาเรื่องอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ของประเทศไทย”
[Online].

Available : <https://waa.inter.nstda.or.th/prs/pub/Robot-Whitepaper-Cover.pdf>

สมศักดิ์ ตันติ. ม.ป.ป. “หุ่นยนต์ในระบบอุตสาหกรรม” น่าน : วิทยาลัยการอาชีพ

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

พิกัดทั้งหมดของรูปเรขาคณิต ได้แก่ รูปวงกลม

รูปวงกลม							
ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)
1	(50,20)	26	(75,33)	51	(77,67)	76	(50,83)
2	(51,20.1)	27	(76,34.2)	52	(76.8,68)	77	(49,83)
3	(52,20.2)	28	(77,36)	53	(76,69)	78	(47,83)
4	(53,20.3)	29	(78,38)	54	(75,70.5)	79	(46,82.9)
5	(54,20.5)	30	(79,40)	55	(74,71.9)	80	(45,82.8)
6	(55,20.8)	31	(80,43)	56	(73,73)	81	(44,82.6)
7	(56,21)	32	(80.5,45)	57	(72,74)	82	(43,82.3)
8	(57,21.1)	33	(80.8,46)	58	(71,75)	83	(42,82.1)
9	(58,21.2)	34	(81,47)	59	(70,75.8)	84	(41,82)
10	(59,21.7)	35	(81.2,50)	60	(69,76.8)	85	(40,81.7)
11	(60,22)	36	(81.3,51)	61	(68,71.1)	86	(39,81.2)
12	(61,22.2)	37	(81.3,52)	62	(67,78)	87	(38,81)
13	(62,28.8)	38	(81.3,54)	63	(66,78.8)	88	(37,80.3)
14	(63,23)	39	(81.3,55)	64	(65,79)	89	(36,80)
15	(64,23.5)	40	(81,56)	65	(63,80)	90	(35,79.1)
16	(65,24)	41	(80.9,57)	66	(62,80.5)	91	(34,78.8)
17	(66,24.8)	42	(80.7,58)	67	(61,81)	92	(33,78)
18	(67,52)	43	(80.2,59)	68	(60,81.5)	93	(32,72.2)
19	(68,26)	44	(80,60)	69	(59,81.9)	94	(31,76.5)
20	(69,26.9)	45	(79.9,61)	70	(58,82)	95	(30,76)
21	(70,21.4)	46	(79.6,62)	71	(57,82.2)	96	(29,75)
22	(71,28.3)	47	(79,63)	72	(56,82.5)	97	(28,74)
23	(72,29.4)	48	(78.7,64)	73	(55,82.7)	98	(27,73)
24	(73,30.2)	49	(78.1,65)	74	(54,82.9)	99	(26,71.9)
25	(74,31.7)	50	(77.8,66)	75	(53,83)	100	(25,70.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปวงกลม(ต่อ)							
ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)
101	(24,69.2)	116	(18.8,49)	131	(23.9,34)	146	(38,28.8)
102	(23,67.5)	117	(18.8,48)	132	(24.5,33)	147	(39,22.2)
103	(22,66)	118	(18.9,47)	133	(25.1,32)	148	(40,22)
104	(21,63.7)	119	(19,46)	134	(26,31)	149	(41,21.2)
105	(20,61)	120	(19.1,45)	135	(27,30)	150	(42,21.1)
106	(19.9,60)	121	(19.3,44)	136	(28,29)	151	(43,21)
107	(19.5,58)	122	(19.7,43)	137	(29,28)	152	(44,20.8)
108	(19.1,57)	123	(20,42)	138	(30,27.2)	153	(45,20.5)
109	(19,56)	123	(20.1,41)	139	(31,26.5)	154	(46,20.3)
110	(18.9,55)	125	(20.4,40)	140	(32,25.8)	155	(47,20.2)
111	(18.9,54)	126	(21,39)	141	(33,25)	156	(48,20.1)
112	(18.9,53)	127	(21.3,38)	142	(34,24.2)	157	(49,20)
113	(18.9,52)	128	(22,37)	143	(35,24)	158	(50,20)
114	(18.9,51)	129	(22.7,36)	144	(36,23.3)		
115	(18.6,50)	130	(23,35)	145	(37,23)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดทั้งหมดของรูปอื่นๆที่สร้างจากเรขาคณิต

1. รูปดาว

รูปดาว	
ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)
1	(65,128)
2	(105,10)
3	(148,128)
4	(40,50)
5	(170,50)
6	(65,128)

2. รูปเพชร

รูปเพชร			
ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)
1	(40,40)	9	(122,40)
2	(60,20)	10	(100,110)
3	(80,40)	11	(78,40)
4	(100,20)	12	(100,110)
5	(120,40)	13	(40,40)
6	(140,20)	14	(160,40)
7	(160,40)	15	(140,20)
8	(100,110)	16	(60,20)

3. รูปบ้าน

รูปบ้าน			
ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)
1	(110,110)	11	(110,110)
2	(90,110)	12	(180,110)
3	(90,80)	13	(180,50)
4	(70,80)	14	(180,10)
5	(70,110)	15	(80,10)
6	(90,110)	16	(50,50)
7	(70,110)	17	(110,50)
8	(50,110)	18	(80,50)
9	(50,50)	19	(110,50)
10	(110,50)	20	(180,50)

4. รูปปลา

รูปปลา							
ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)
1	(60,50)	9	(100,25)	17	(100,75)	25	(95,40)
2	(65,45)	10	(85,25)	18	(100,90)	26	(85,50)
3	(70,45)	11	(100,25)	19	(85,75)	27	(75,35)
4	(70,40)	12	(130,50)	20	(100,75)	28	(60,50)
5	(68,42)	13	(150,20)	21	(85,75)	29	(65,55)
6	(68,55)	14	(142,50)	22	(75,65)	30	(75,55)
7	(65,45)	15	(150,80)	23	(85,50)	31	(65,55)
8	(100,10)	16	(130,50)	24	(95,60)	32	(75,65)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รูปดอกไม้

รูปดอกไม้							
ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)
1	(90,40)	16	(166,145)	31	(160,110)	46	(130,70)
2	(130,40)	17	(130,138)	32	(130,110)	47	(120,85)
3	(160,70)	18	(110,168)	33	(130,138)	48	(140,90)
4	(160,110)	19	(90,138)	34	(110,120)	49	(130,110)
5	(130,138)	20	(55,145)	35	(90,138)	50	(110,120)
6	(90,138)	21	(61,110)	36	(90,110)	51	(130,110)
7	(61,110)	22	(30,90)	37	(61,110)	52	(110,100)
8	(61,70)	23	(61,70)	38	(80,90)	53	(110,120)
9	(90,40)	24	(55,35)	39	(61,70)	54	(90,110)
10	(110,10)	25	(90,40)	40	(90,70)	55	(100,91)
11	(130,40)	26	(110,60)	41	(90,40)	56	(80,90)
12	(165,35)	27	(130,40)	42	(110,60)	57	(90,110)
13	(160,70)	28	(130,70)	43	(90,70)	58	(80,90)
14	(190,90)	29	(160,70)	44	(110,80)	59	(90,70)
15	(160,110)	30	(140,90)	45	(110,60)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. รูปนกฮูก

รูปนกฮูก							
ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)
1	(70,40)	21	(120,40)	41	(110,70)	61	(80,120)
2	(70,20)	22	(100,40)	42	(80,70)	62	(65,105)
3	(80,30)	23	(100,50)	43	(70,60)	63	(70,100)
4	(70,40)	24	(105,50)	44	(70,40)	64	(80,110)
5	(90,40)	25	(90,50)	45	(70,60)	65	(90,100)
6	(90,45)	26	(105,50)	46	(80,70)	66	(100,110)
7	(85,45)	27	(105,45)	47	(55,75)	67	(110,100)
8	(85,50)	28	(100,45)	48	(45,85)	68	(120,110)
9	(90,45)	29	(105,50)	49	(70,115)	69	(125,105)
10	(90,50)	30	(120,50)	50	(80,120)	70	(125,85)
11	(70,50)	31	(120,60)	51	(110,120)	71	(120,90)
12	(85,50)	32	(110,70)	52	(113,117)	72	(110,80)
13	(95,60)	33	(135,75)	53	(110,115)	73	(100,90)
14	(105,50)	34	(145,85)	54	(105,120)	74	(90,80)
15	(120,50)	35	(135,100)	55	(100,115)	75	(80,90)
16	(120,40)	36	(125,110)	56	(95,120)	76	(70,80)
17	(120,20)	37	(120,115)	57	(90,115)	77	(65,85)
18	(110,30)	38	(110,120)	58	(85,120)	78	(65,105)
19	(80,30)	39	(125,105)	59	(80,115)	79	(65,85)
20	(110,30)	40	(110,30)	60	(78,118)	80	(80,70)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. รูปนก

รูปนก							
ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)
1	(110,65)	18	(104,87)	35	(87,45)	52	(98,115)
2	(100,65)	19	(105,87.4)	36	(87,40)	53	(104,100)
3	(99,65.6)	20	(108,88.8)	37	(80,40)	54	(80,80)
4	(98,67)	21	(109,89)	38	(80,42)	55	(98,100)
5	(97.1,68)	22	(112,90)	39	(83,42)	56	(115,100)
6	(96.7,69)	23	(115,90)	40	(83,45)	57	(120,130)
7	(96,70)	24	(105,80)	41	(80,45)	58	(127,120)
8	(95,73)	25	(115,90)	42	(80,40)	59	(130,130)
9	(94.9,75)	26	(130,90)	43	(65,55)	60	(134,120)
10	(95,77)	27	(120,80)	44	(80,55)	61	(137,130)
11	(95.2,78)	28	(130,90)	45	(80,40)	62	(140,120)
12	(96,80)	29	(140,90)	46	(80,55)	63	(146,130)
13	(97.1,82)	30	(130,80)	47	(80,80)	64	(1140,100)
14	(99,84)	31	(125,70)	48	(98,100)	65	(120,80)
15	(101,85)	32	(100,40)	49	(90,115)		
16	(102,86.2)	33	(80,40)	50	(85,115)		
17	(103,86.9)	34	(80,45)	51	(103,115)		

8. รูปเปิด

รูปเปิด							
ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่ง ที่	พิกัด (X,Y)
1	(50,40)	26	(70,60)	51	(125,58)	76	(94,97.9)
2	(40,40)	27	(100,55)	52	(125,70)	77	(93,98.1)
3	(50,30)	28	(107,50.8)	53	(124,72)	78	(92,98.3)
4	(50,33)	29	(115,35)	54	(119,80)	79	(91,98.9)
5	(53,33)	30	(90,35)	55	(115,85)	80	(90,99.1)
6	(53,37)	31	(80,40)	56	(114,86)	81	(87,10)
7	(50,37)	32	(70,60)	57	(113,87)	82	(85,101)
8	(50,35)	33	(100,55)	58	(112,88)	83	(80,101)
9	(52,35)	34	(125,40)	59	(111,89)	84	(75,100)
10	(52,37)	35	(110,70)	60	(110,90)	85	(70,99.9)
11	(50,37)	36	(95,80)	61	(109,90.5)	86	(65,98.9)
12	(50,40)	37	(70,80)	62	(108,91.3)	87	(60,97)
13	(50,30)	38	(65,75)	63	(107,92)	88	(56,95)
14	(60,30)	39	(70,80)	64	(106,92.5)	89	(51,92)
15	(61,30.2)	40	(95,80)	65	(105,93)	90	(48,89.9)
16	(62,30.8)	41	(85,75)	66	(104,93.7)	91	(46,88.2)
17	(63,31.2)	42	(95,80)	67	(103,94)	92	(45,87.2)
18	(64,32)	43	(85,75)	68	(102,94.6)	93	(43,85)
19	(65,33)	44	(95,80)	69	(101,95)	94	(42,83)
20	(66,34)	45	(103,75)	70	(100,95.3)	95	(41.2,81)
21	(67,35)	46	(110,70)	71	(99,96)	96	(41,80)
22	(68,37.5)	47	(95,62)	72	(98,96.5)	97	(40.2,78)
23	(69,38)	48	(110,70)	73	(97,97)	98	(40.1,77)
24	(70,40)	49	(112.8,65)	74	(96,97.1)	99	(40,75)
25	(60,60)	50	(118,65)	75	(95,97.5)	100	(39.8,73)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปเปิด(ต่อ)			
ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)	ตำแหน่งที่	พิกัด (X,Y)
101	(40,72)	105	(45,60)
102	(40.1,70)	106	(55,45)
103	(41,68)	107	(50,40)
104	(42,66)		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้