

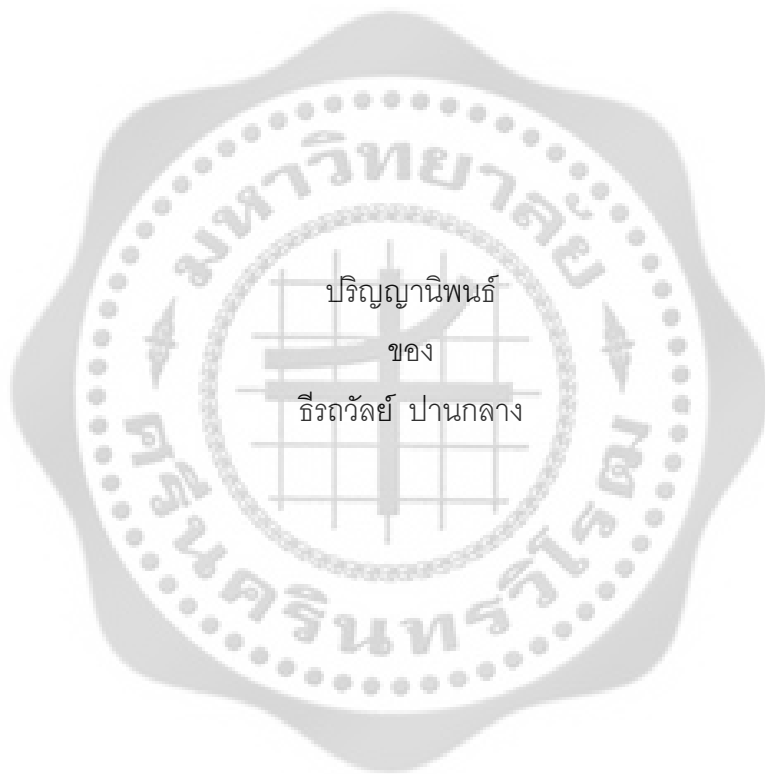
การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา สำหรับสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

มิถุนายน 2555

การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา สำหรับสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

มิถุนายน 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา สำหรับสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

มิถุนายน 2555

ธีรธวัชย์ ปานกลาง. (2555). การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา สำหรับสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์.ปริญญาานิพนธ์ วท.ม. (ฟิสิกส์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ, รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรวิทย์ ผลโภค.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา สำหรับสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์ ซึ่งได้รับแนวคิดมาจากหุ่นยนต์แอทลีทของนาซา หุ่นยนต์ SWU นี้มีลักษณะคล้ายแมงมุมมี 6 ขาและมี 6 ล้อติดอยู่ที่ขาทั้ง 6 ทำให้หุ่นยนต์มีความสามารถที่จะเคลื่อนที่ได้โดยใช้ขาทั้ง 6 หรือใช้ล้อหรือการเคลื่อนที่แบบผสมระหว่างล้อและขา การพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพพื้นผิวที่ต้องการเคลื่อนที่ได้โดยการเขียนโปรแกรมภาษาซีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 24 ตัว ให้มีการทำงานร่วมกัน เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ลักษณะท่าทางที่ได้ออกแบบไว้ การรักษาสสมดุลของหุ่นยนต์ทำได้โดยการรับข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ความเร่งแบบ 3 แกน (accelerometer) แล้วจึงเลือกท่าทางที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ตามหลักการของ Static balance method ผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะพื้นผิวของดวงจันทร์บริเวณที่สำคัญได้แก่ บริเวณ มาเร (Mare) เครเตอร์ (Crater) และภูเขารายสูง (Lunarhighland) จากนั้นจึงได้สร้างแบบจำลองพื้นผิวทั้ง 3 แบบขึ้นเพื่อให้หุ่นยนต์ทดสอบการเคลื่อนที่บนพื้นผิวดังกล่าว ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่าหุ่นยนต์มีเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ บนพื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายดวงจันทร์ทั้ง 3 แบบ

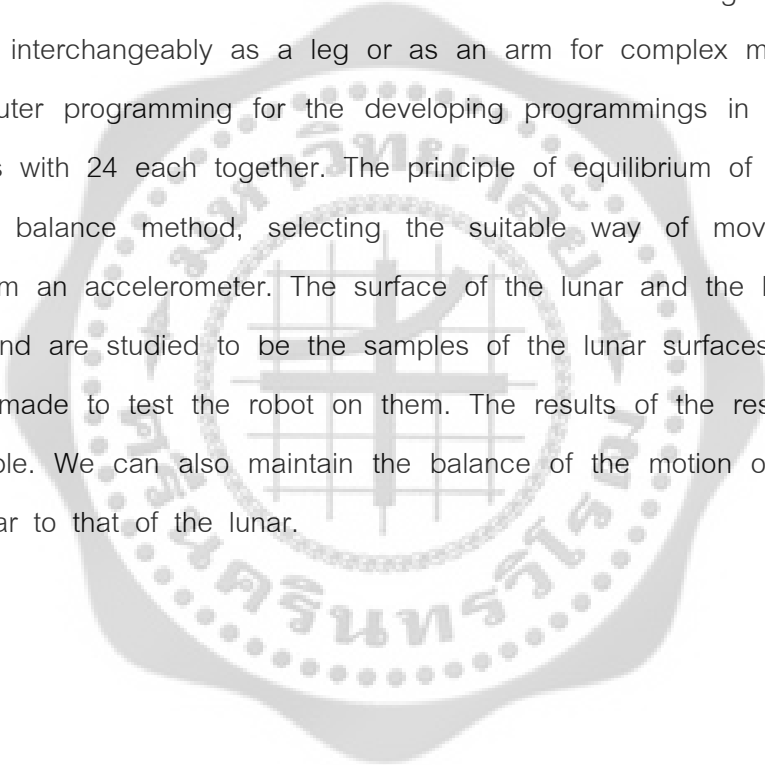
DESIGN AND CONTROL OF THE PROTOTYPE SWU HEX-LIMBED LUNAR ROBOT



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Master of Science Degree in Physics  
at Srinakharinwirot University  
June 2012

Theerathawan Panklang. (2012). *Design and Control of the Prototype SWU Hex-Limbed Lunar Robot*. Master thesis, M.Sc. (Physics). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor committee: Dr. Jaturong Sukonthachat Assoc. Dr.Nason Phonphok.

The purpose of this research is to design and constrain of the Prototype SWU's Hex-Limbed Lunar Robot, which can probably use all six limbs the same way as the NASA's ATHLETE. That which has six limbs where each together with a wheel that is used interchangeably as a leg or as an arm for complex manipulations. We use C-computer programming for the developing programmings in order to control Servo Motors with 24 each together. The principle of equilibrium of a robot is done by a static balance method, selecting the suitable way of moving, using data inputting from an accelerometer. The surface of the lunar and the Mare Crater and Lunar Highland are studied to be the samples of the lunar surfaces. The 3 surface models are made to test the robot on them. The results of the research in mobile robot is stable. We can also maintain the balance of the motion on the 3 surface models similar to that of the lunar.



ปริญญาานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา สำหรับสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์

ของ

ธีรวัลย์ ปานกลาง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒน์กุล)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. 2555

คณะกรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ)

(อาจารย์ ดร.ภุณิศรา ลิ้มนนทกุล)

..... กรรมการ

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรวิทย์ ผลโภาค)

(อาจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรวิทย์ ผลโภาค)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ไพศาล ตู้ประกาย)

## ประกาศคุณูปการ

เนื่องด้วยปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นงานวิจัยฟิสิกส์ ดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งสำเร็จลงได้ด้วยการชี้แนะ และชี้้นำการทำงานจากอาจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติและรองศาสตราจารย์ ดร.ณสรศักดิ์ ผลโภค จนทำให้งานลุล่วงได้ด้วยดี รวมทั้งความเมตตาและน้ำใจของท่านที่มีต่อผู้วิจัยตลอดระยะเวลาของการทำวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ภูนิศรา ลิ้มนนทกุลและอาจารย์ ดร.ไพศาล ผู้ประกาย ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นคณะกรรมการในการสอบปากเปล่า รวมทั้งคำแนะนำเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพิ่มเติมเกี่ยวกับปริญญาบัตรฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดระยะเวลาการศึกษา จนผู้วิจัยสามารถนำความรู้มาใช้ในการทำปริญญาบัตรจนสำเร็จ

ขอขอบคุณนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และญาติๆ ทุกคน ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา

ธีรวัฒน์ ปานกลาง



## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ .....	1
ภูมิหลัง .....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	3
ความสำคัญของการวิจัย .....	3
ขอบเขตของงานวิจัย .....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย .....	3
2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	4
พื้นผิวดวงจันทร์ .....	4
หุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ .....	11
ทฤษฎีเบื้องต้นในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ SWU .....	12
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมหุ่นยนต์ .....	14
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	20
3 วิธีดำเนินงานวิจัย .....	24
วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย .....	24
อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย .....	25
สถานที่ดำเนินการวิจัย .....	25
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	25
การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ .....	25
การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ .....	28
การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ .....	30
การทดสอบหุ่นยนต์ในสภาวะปกติ .....	31
การสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ในการทดลอง .....	32

## สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ .....	36
ผลการทดลอง .....	36
การออกแบบและประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งล้อและขา.	36
การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ .....	37
การทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นเอียงและพื้นราบ .....	42
การทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลอง .....	43
การวิเคราะห์ .....	47
5 สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ .....	49
สรุปผลการวิจัย .....	49
อภิปรายผล .....	51
ข้อเสนอแนะ .....	52
บรรณานุกรม .....	54
ภาคผนวก .....	57
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....	69

## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงรายละเอียดของเซอร์โวมอเตอร์ AX-12 (Dynamixel) .....	16
2 ตารางเปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่นำมาสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ .....	28
3 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายมาเร (Mare) แบบไม่มีฝุ่นและมีฝุ่นปกคลุมพื้นผิว .....	44
4 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายคราเตอร์ (Crater) แบบไม่มีฝุ่นและมีฝุ่นปกคลุมพื้นผิว .....	45
5 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar highland) แบบไม่มีฝุ่นและมีฝุ่นปกคลุมพื้นผิว .....	47
6 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวทั้ง 3 แบบ .....	47



## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (NASA) .....	1
2 แสดงพื้นผิวและขนาดของก้อนหินบนดวงจันทร์เทียบกับนักบินอวกาศ .....	4
3 แสดงพื้นผิวของดวงจันทร์ด้านใกล้ near side (ก) และด้านไกล far side (ข) .....	5
4 แอ่งลาวาบนผิวดวงจันทร์ด้านใกล้ (Near side) .....	6
5 สเปกตรัมจากผิวดวงจันทร์ที่แสดงปริมาณแร่ธาตุเหล็ก .....	7
6 แสดงขนาดของแอ่งปะทะ ขนาด 50 กิโลเมตร .....	8
7 ผื่นบนดวงจันทร์ (ก) ขนาด 1 มิลลิเมตร และ (ข) ขนาด 0.1 มิลลิเมตร .....	9
8 หินบนดวงจันทร์ (ก) Impact breccia (ข) Mare basalt (ค) High-lands anorthosite .....	10
9 หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (NASA) .....	11
10 จุดศูนย์กลางมวลของการเดินแบบสี่ขาและหกขาของหุ่นยนต์ .....	12
11 อุปกรณ์รับรู้ ADXL335 .....	14
12 แสดงผลของอุปกรณ์รับรู้ ADXL335 (ก) แสดงผลของแกน X และแกน Y (ข) แสดงผลของแกน Z .....	15
13 เซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel รุ่น AX-12 มีทอร์กขนาดไม่เกิน 1 N·m .....	16
14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ใช้ภาษา C คอมไพเลอร์ WinAVR (C Compiler) ซึ่งทำงานร่วมกับ AVR Studio .....	17
15 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega128 .....	18
16 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128 รุ่น JX-Mega128 .....	18
17 แสดงส่วนประกอบของบอร์ด JX-Mega128 .....	19
18 วงจรควบคุมหุ่นยนต์ SWU .....	19
19 (ก) หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (ข) เปรียบเทียบกับหุ่นยนต์ SWU Hex-Limbed Lunar Robot ซึ่งมีขนาด 30x30x15 เซนติเมตร หุ่นยนต์ทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันถึง 10 เท่า .....	24
20 แสดงการออกแบบหุ่นยนต์ (ก) จากมุมมองด้านหน้าและ (ข) จากมุมมองด้านบน .....	26

## บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
21 แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR 8 บิต กับเซอร์โวมอเตอร์ จำนวน 25 ตัว ภาคควบคุม ชุดขับเคลื่อน อุปกรณ์รับรู้ แบบวัดความเร็ว 3 แกน และกล้องถ่ายภาพของหุ่นยนต์ SWU Hex-Limbed Lunar Robot (ก) แสดงท่าเตรียมพร้อมของหุ่นยนต์ สำหรับการเคลื่อนที่ด้วยขาคล้ายแมงมุม (ข) แสดงท่าเตรียมพร้อมสำหรับ การเคลื่อนที่ด้วยล้อคล้ายรถยนต์.....	27
22 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ .....	28
23 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ .....	29
24 แสดงวงจรอุปกรณ์รับรู้ (Sensor) รุ่น ADXL 335 .....	29
25 แสดงตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ในการอ่านค่าข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ ADXL335 เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประมวลผลในการบอกสภาพ ของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ .....	30
26 แสดงการทดสอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียงโดยใช้ล้อ .....	31
27 (ก) แสดงพื้นผิวดวงจันทร์จริง (ข) แสดงแบบจำลองของผิวของดวงจันทร์ ที่สร้างโดยคอมพิวเตอร์กราฟิกเพื่อใช้ในการทดลองหุ่นยนต์ .....	32
28 (ก) แสดงพื้นผิวดวงจันทร์จริง (ข) แสดงผิวของดวงจันทร์ทั้ง 3 พื้นผิว ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองหุ่นยนต์ .....	33
29 (ก) แสดงลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณพื้นผิวของมาเร (Mare) เพื่อใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (ข) ด้านบนและ (ค) ด้านล่าง ของพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายพื้นผิวของมาเร (Mare) .....	33
30 แสดงลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณพื้นผิว ของคราเตอร์ (Crater) เพื่อใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (ก) พื้นผิวเรียบ (ข) พื้นผิวลาดชันและเป็นเนิน (ค) พื้นผิวขรุขระ .....	34
31 แสดงลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณพื้นผิวของฮายแลนด์ (Lunar Highland) เพื่อใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (ก) พื้นผิวขรุขระ (ข) พื้นผิวลาดชันและเป็นเนิน (ค) พื้นผิวทดสอบมุมด้านบน .....	34

## บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
32 แสดงการทดสอบหุ่นยนต์บนพื้นผิวทั้ง 3 แบบ และทดสอบบนพื้นผิวที่มีฝุ่นปกคลุมบนพื้นผิวทั้ง 3 แบบ .....	35
33 แสดงการออกแบบหุ่นยนต์ (ก) จากมุมมองด้านหน้าและ (ข) จากมุมมองด้านบน (ค) ลำตัวของหุ่นยนต์ (ง) ขาหุ่นยนต์ที่ออกแบบเพื่อให้สามารถเลือกใช้ล้อและขา ในการเคลื่อนที่ .....	37
34 แสดงหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ที่สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์โดยไม่คำนึงถึงแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์ .....	37
35 แสดงระบบการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU .....	38
36 แสดงการควบคุมการหมุนและหยุดล้อของหุ่นยนต์ .....	40
37 แสดงการประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ (sensor) .....	41
38 แสดงหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นเอียง (ก)(ข)(ค) ใช้ล้อเคลื่อนที่ขึ้นไปบนพื้นเอียงโดยใช้ล้อ (ง)(จ)(ฉ) หุ่นยนต์ใช้ขาหน้า 2 ขา ช่วยตะกุกเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นไปบนพื้นเอียงได้ .....	42
39 แสดงการจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์แบบมาเร (Mare) (ก) พื้นผิวจำลองใช้ไม้และซีล้อย (ข) พื้นเอียงและพื้นด้านบน (ค) พื้นราบและพื้นเอียงที่มีลักษณะมันวาว (ง) แสดงพื้นผิวดวงจันทร์แบบมาเร (Mare) ที่มีฝุ่นหนาปกคลุม ประมาณ 1.5 เซนติเมตร (จ) พื้นผิวเอียงและพื้นผิวด้านบน (ฉ) พื้นราบและพื้นเอียง โดยหุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าว .....	43
40 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์แบบมาเร (Mare) (ก) แบบไม่มีฝุ่นหนาปกคลุม (ข) แบบมีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร .....	43

## บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

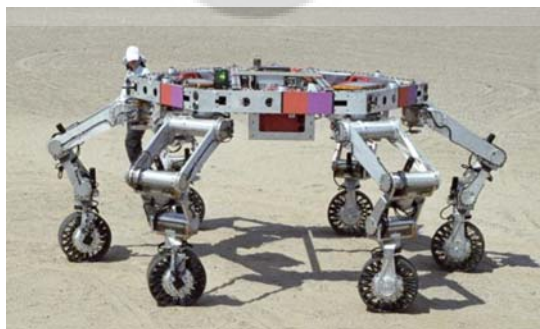
ภาพประกอบ	หน้า
41 แสดงการจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์แบบเครเตอร์ (Crater) (ก) ภาพพื้นผิวทดสอบที่สร้างจากหินและปูนพลาสเตอร์ เพื่อให้มีลักษณะคล้ายพื้นผิวดวงจันทร์แบบเครเตอร์ (Crater) (ข) เนินและพื้นเอียงทดสอบ (ค) พื้นผิวราบที่มีหินและดิน (ง) พื้นผิวที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร (จ) บริเวณพื้นเอียง (ฉ) บริเวณพื้นเอียงและพื้นราบ โดยหุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าว .....	44
42 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นผิว จำลองของดวงจันทร์แบบเครเตอร์ (Crater) (ก) แบบไม่มีฝุ่นหนาปกคลุม (ข) แบบที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร โดยหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าวได้ .....	45
43 แสดงการจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์แบบลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar Highland) (ก) พื้นผิวจำลองที่สร้างจากปูนพลาสเตอร์ เป็นส่วนใหญ่ (ข) พื้นราบ (ค) พื้นเอียงและพื้นราบ (ง) พื้นผิวที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร (จ) พื้นเอียง (ฉ) พื้นเอียงและพื้นราบโดยหุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่ผ่าน พื้นผิวดังกล่าว .....	46
44 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นผิว จำลองของดวงจันทร์แบบลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar Highland) (ก) พื้นผิวที่ไม่มีฝุ่น (ข) พื้นผิวที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร โดยหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าวได้ .....	46
45 ภาพแสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU (ก) เคลื่อนที่อยู่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์แบบเครเตอร์ (Crater) (ข) เคลื่อนที่บนฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร (ค) เคลื่อนที่อยู่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์แบบลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar highland) (ง) เคลื่อนที่บนฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร .....	50

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1. ภูมิหลัง

นาซา (NASA, National Aeronautics and Space Administration) มีความพยายามอย่างยิ่งยวดในการสำรวจดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการส่งหุ่นยนต์สำรวจที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้ในการสำรวจดาวเคราะห์ต่างๆ และสามารถปฏิบัติภารกิจบนดาวเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในช่วงปี พ.ศ.2503 (ค.ศ.1960) ได้สร้างหุ่นยนต์สำรวจที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถเคลื่อนที่ด้วยขา แนวคิดในการสำรวจดวงจันทร์ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการนำหุ่นยนต์ไปปฏิบัติภารกิจบนดวงจันทร์และดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล เนื่องจากความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ที่มีความสามารถในการสำรวจดาวเคราะห์ต่างๆ ด้วยล้อบนพื้นผิวเรียบและใช้ขาในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวขรุขระ ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์สำรวจที่ใช้ได้ทั้งล้อและขาในการเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการสำรวจดวงจันทร์มีจำนวนมากทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ แต่มีโครงการที่มุ่งพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการสำรวจดวงจันทร์และขนส่งมนุษย์ให้สามารถไปปฏิบัติภารกิจบนพื้นผิวดวงจันทร์ คือ หุ่นยนต์แอทลิต ATHLETE (All Terrain Hex Limbed Extra Terrestrial Explorer) เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายกับแมงมุมมี 6 ขาและ 6 ล้อ มีความสามารถในการเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้อย่างเหมาะสม โดยสามารถใช้ขาและล้อสำหรับการเคลื่อนที่และสามารถจัดรูปแบบการเคลื่อนที่ที่มีความซับซ้อน ซึ่งเป็นตัวอย่างการพัฒนานำไปสู่แนวคิดในการใช้ขาและล้อในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวสภาวะแวดล้อมของดาวเคราะห์ต่างๆ (Wilcox, B. H.; & et al. 2007: 421-434)



ภาพประกอบ 1 หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (NASA)

ที่มา: <http://www-robotics.jpl.nasa.gov/systems/systemImages.System=11>: online.



นาซามีความพยายามในการส่งนักบินอวกาศเพื่อปฏิบัติภารกิจและสำรวจดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล โดยเริ่มต้นศึกษาดวงจันทร์เป็นแห่งแรกและตามด้วยดาวเคราะห์ต่างๆ ของระบบสุริยะจักรวาล นาซาใช้นักบินอวกาศและหุ่นยนต์ในการสร้างสถานีอวกาศแบบถาวรและสถานีอวกาศแบบเคลื่อนย้ายได้บนพื้นผิวของดาวเคราะห์เพื่อให้นักบินอวกาศสามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยจากรังสีต่างๆ โดยใช้หุ่นยนต์เป็นพาหนะในการขนส่งนักบินอวกาศและอุปกรณ์ในการปฏิบัติภารกิจ เพื่อให้นักบินอวกาศมีความปลอดภัยจากรังสีต่างๆ และสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตราย ห้องปฏิบัติการเจ็ท โพรพิวชัน (Jet Propulsion) ของสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย ได้พัฒนาและทำการทดสอบหุ่นยนต์แอทลิต (ATHLETE) ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ 6 ขา 6 ล้อ ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการสำรวจดวงจันทร์ของนาซา หุ่นยนต์ แอทลิต มีขา 6 ขา และปลายขาของแต่ละขาถูกติดตั้งล้อชนิดพิเศษที่มีความยืดหยุ่นและรับน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ได้ดีทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้บนพื้นผิวเรียบอีกทั้งยังสามารถเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่มีความยากลำบาก (Chacin M.;& Yoshida K. 2005: 1-8)

ในปัจจุบันการพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวต่างๆ ที่มีความยากลำบากและทุรกันดาร โดยหุ่นยนต์สามารถเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ได้ทั้ง การใช้ล้อ ใช้ตีนตะขาบ ใช้สายพาน เป็นตัวสร้างการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ดังนั้นหุ่นยนต์จะสามารถเลือกใช้ขาเดินบนภูมิประเทศที่มีพื้นผิวขรุขระและสามารถใช้ล้อในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบเพื่อเก็บรักษาพลังงาน และสามารถนำพลังงานเหล่านั้นไปใช้ในภารกิจต่างๆ ที่มีความจำเป็นของหุ่นยนต์ การใช้ขามีข้อดีหลายประการ ได้แก่ 1. สามารถเข้าถึงพื้นที่อันตรายบนพื้นผิว เช่นบริเวณที่มีความเสี่ยงและเป็นอันตราย หากการเดินจะใช้พื้นที่ปลายขาในการสัมผัสกับพื้นผิวเพียงเท่านั้น ต่างกับล้อหรือตีนตะขาบ ซึ่งจะเกิดรอยจากการเคลื่อนที่มากกว่า 2. สามารถเข้าถึงพื้นผิวต่างระดับและมีความลาดชัน ดังนั้นการพัฒนารูปแบบการเคลื่อนที่ในรูปแบบการเดินจึงเป็นการนำความรู้เรื่องการออกแบบหุ่นยนต์มาใช้ในการออกแบบระบบข้อต่อ กลไกของขา และการควบคุมรวมทั้งใช้ความรู้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อควบคุมการเดินของหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้หุ่นยนต์แบบ 6 ขายังถูกออกแบบให้นำไปใช้งานสำหรับเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ลาดชันได้อีกด้วย เนื่องจากคุณลักษณะที่เด่นของหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ได้โดยใช้ขา 6 ขาและล้อดังได้กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยต้องการประดิษฐ์และพัฒนาหุ่นยนต์ในลักษณะดังกล่าวที่มีขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการสำรวจพื้นผิวของดวงจันทร์ (สถาพร สักขณะเจริญ. 2548: 31-55)

## 2. ความมุ่งหมายของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการสรางและการออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขาสำหรับสำรวจดวงจันทร์
- 2.2 เพื่อออกแบบและประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา ที่มีเสถียรภาพในการเคลื่อนที่โดยใช้ล้อและโดยใช้ขาทั้ง 6 ขา
- 2.3 เพื่อทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา ที่สร้างขึ้นในสภาวะจำลองบนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวเอียง และทดสอบในสภาวะจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์ โดยไม่คำนึงถึงแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์

## 3. ความสำคัญของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและวิจัยหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อสำรวจพื้นผิวของดวงจันทร์ ซึ่งมีสภาวะแวดล้อมแตกต่างไปจากพื้นผิวของโลกมาก โดยหวังว่าผลจากการวิจัยอาจจะช่วยให้มีการพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ขนาดเล็ก และหุ่นยนต์นี้อาจจะถูกพัฒนาเป็นหุ่นยนต์ในการสำรวจในที่เสี่ยงภัยบนผิวโลก โดยไม่คำนึงถึงผลความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์กับโลก

## 4. ขอบเขตของงานวิจัย

- 4.1 ออกแบบและประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา ที่มีเสถียรภาพในการเคลื่อนที่โดยใช้ล้อและโดยใช้ขาทั้ง 6 ขา ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR และภาษาซี
- 4.2 ทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขาที่สร้างขึ้นในสภาวะจำลองบนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวเอียง โดยไม่คำนึงถึงผลของความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์กับโลกได้
- 4.3 ทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา ในสภาวะจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์ โดยไม่คำนึงถึงผลความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์กับโลก

## 5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ผลที่ได้จากการออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่มีเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ อีกทั้งยังสามารถรักษาสมดุลของการเคลื่อนที่ทั้งบนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวเอียง และพื้นผิวขรุขระ สามารถใช้เป็นหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการสำรวจผิวของดวงจันทร์และพื้นผิวของโลกได้ นอกจากนี้การประดิษฐ์หุ่นยนต์ 6 ขานี้ยังเป็นจุดเริ่มต้นของการประดิษฐ์และพัฒนาหุ่นยนต์ 6 ขาในประเทศไทย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. พื้นผิวดวงจันทร์
2. หุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์
3. ทฤษฎีเบื้องต้นในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU
4. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมหุ่นยนต์
5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 1. พื้นผิวดวงจันทร์

ดวงจันทร์เป็นดาวบริวารเพียงดวงเดียวของโลกและโคจรอยู่ห่างจากโลกประมาณ 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก เนื่องจากวงโคจรของดวงจันทร์อยู่ใกล้โลก ดังนั้นมนุษย์จึงสามารถสังเกตเห็นผิวของดวงจันทร์ได้ด้วยตาเปล่า หากแต่มนุษย์บนโลกสามารถมองเห็นผิวของดวงจันทร์ได้เพียงด้านเดียวเท่านั้น นักดาราศาสตร์เรียกว่า “ด้านใกล้ (near side)” เหตุที่เป็นดังนี้เพราะว่าดวงจันทร์มีการหมุนสมวาร (synchronous rotation) รอบโลก (วิทยุ ใจปการ. 2547: 77-165)

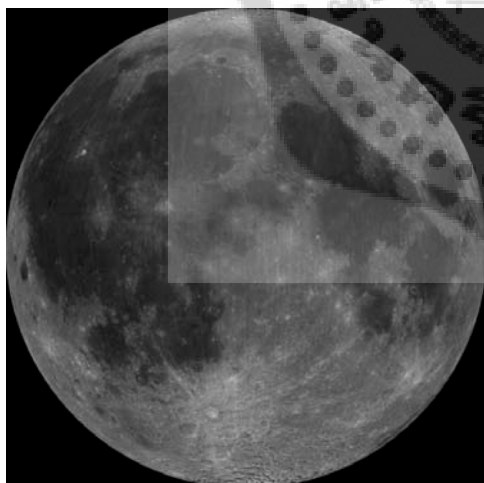


ภาพประกอบ 2 แสดงพื้นผิวและขนาดของก้อนหินบนดวงจันทร์เทียบกับนักบินอวกาศ

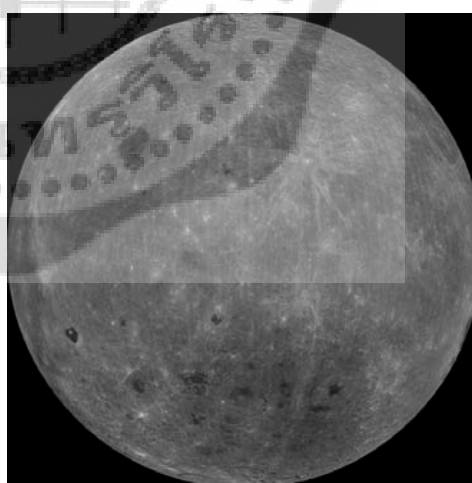
ที่มา: Michael A. Seeds. (2005). *Chapter 21: Foundations of Astronomy*. p. 456.

### 1.1 การหมุนสมวาร (synchronous rotation)

ดวงจันทร์มีการหมุนรอบตัวเองเรียกว่า การหมุนสมวาร ที่คาบการหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์กับคาบการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกมีค่าเท่ากันพอดี คือใช้เวลาประมาณ 27.3 วันเมื่อสังเกตเทียบกับดาวฤกษ์ การหมุนสมวารนี้ส่งผลให้ดวงจันทร์หันด้านเดียวเข้าหาโลก เรียกด้านที่หันเข้าหาโลกเสมอว่า "ด้านใกล้ (near side)" ส่วนด้านตรงข้ามที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ คือ "ด้านไกล (far side)" อย่างไรก็ตามการหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์มีการหมุนควง (precession) เล็กน้อย ดังนั้นจึงทำให้มนุษย์มีโอกาสมองเห็นพื้นผิวดวงจันทร์ได้มากกว่า 50% อยู่เล็กน้อย (ประมาณ 59%) ในอดีตด้านไกลของดวงจันทร์เป็นด้านที่มีความลึกลับ จนกระทั่งยุคที่มนุษย์สามารถส่งยานอวกาศและดาวเทียมออกไปโคจรรอบดวงจันทร์ได้เป็นผลสำเร็จ จึงพบว่าสิ่งหนึ่งที่แตกต่างระหว่างด้านใกล้กับด้านไกลของดวงจันทร์ คือ ด้านไกลไม่มีพื้นที่ราบต่ำสีคล้ำๆที่เรียกว่า "มาเร (Mare)" (แปลว่าทะเล) กว้างขวางมากเหมือนอย่างด้านใกล้ พื้นที่มาเร ที่พบในด้านใกล้ของดวงจันทร์หากมองโดยใช้จินตนาการแล้วอาจจะมองเห็นเป็นรูปคล้ายกับกระต่าย (ภาพประกอบ 3 (ก)) พื้นที่ราบที่อยู่ในระดับสูงกว่ามาเร ซึ่งมนุษย์มองเห็นเป็นสีเหลืองนวลนั้น มีชื่อเรียกว่า "ที่ราบสูง (Highland)" ชื่อเรียกดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากจินตนาการของมนุษย์ในอดีต โดยที่เมื่อมองผิวของดวงจันทร์แล้วเกิดจินตนาการเทียบเคียงกับพื้นผิวของโลกว่าผิวของดวงจันทร์น่าจะมี แผ่นดิน หรือที่ราบสูง (ซึ่งอยู่สูงกว่า) และทะเล (ซึ่งอยู่ต่ำกว่า) เช่นเดียวกับโลก



(ก)

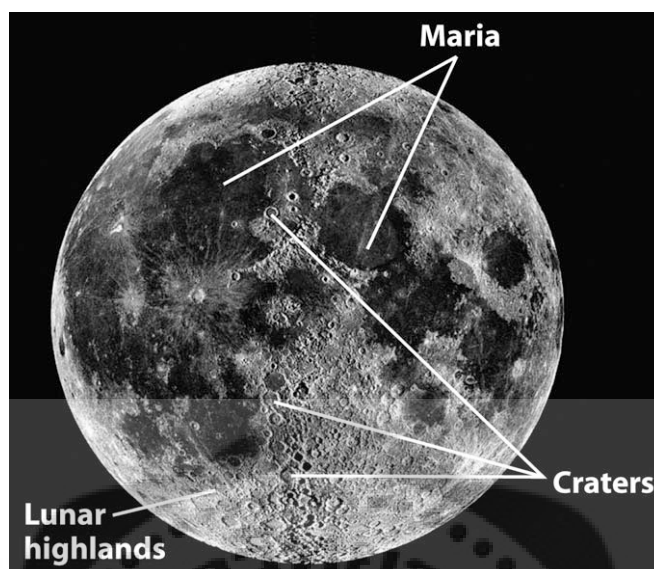


(ข)

ภาพประกอบ 3 แสดงพื้นผิวของดวงจันทร์ด้านใกล้ near side (ก) และด้านไกล far side (ข)

ที่มา: [http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/images/img5\\_lg.gif](http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/images/img5_lg.gif): online.

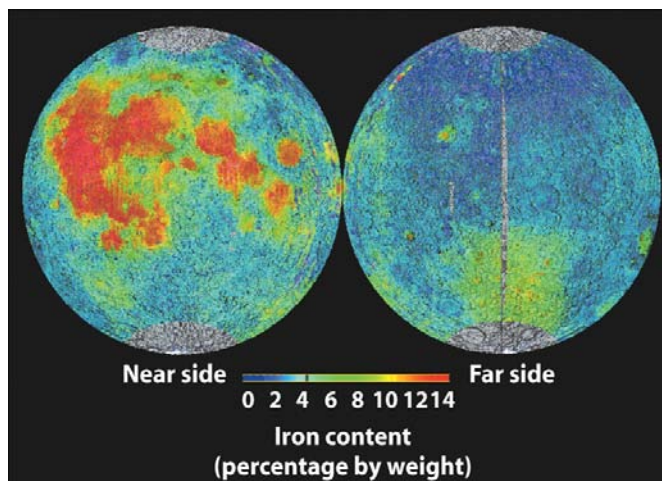
## 1.2 แอ่งลาวาบนผิวดวงจันทร์



ภาพประกอบ 4 แอ่งลาวาบนผิวดวงจันทร์ด้านใกล้ (Near side)

ที่มา: <http://www.nasa.gov/topics/solarsystem/index.html>: Online.

พื้นผิวดวงจันทร์ที่มองด้วยตาเปล่ามีลักษณะสีคล้ำ ที่มีรูปร่างเมื่อมองโดยรวมคล้ายกับภาพของกระต่ายนั้น เกิดจากผลของการปรับตัวของดวงจันทร์ในช่วงแรกหลังจากการกำเนิดของดวงจันทร์ ดวงจันทร์ในยุคเริ่มต้นเกิดการระเบิดของภูเขาไฟจำนวนมาก การระเบิดดังกล่าวจึงปลดปล่อยหินลาวา (Lava) จำนวนมากออกมา หินลาวาเหล่านั้นจึงไหลลงสู่พื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่าซึ่งก็คือมาเร ดังนั้นเมื่อนักดาราศาสตร์วิเคราะห์สเปกตรัมจากผิวดวงจันทร์ จึงพบว่าบริเวณที่ราบมาเร นี้มีแร่ธาตุเหล็กปะปนอยู่เป็นปริมาณมากกว่าผิวของดวงจันทร์บริเวณอื่นๆ(ภาพประกอบ 5) ในขณะเดียวกันเนื่องจากผิวดวงจันทร์ด้านไกลไม่มีมาเร อยู่มากนัก นักดาราศาสตร์จึงไม่พบแร่ธาตุเหล็กปะปนอยู่เป็นจำนวนมากนักบนผิวดวงจันทร์ด้านนี้ (วิญ ุโจปการ. 2547: 77-165)

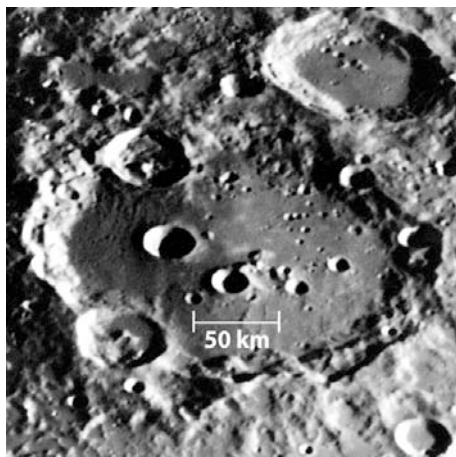


ภาพประกอบ 5 สเปกตรัมจากดาวดวงจันทร์ที่แสดงปริมาณแร่ธาตุเหล็ก

ที่มา: [http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/images/img3\\_lg.gif](http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/images/img3_lg.gif): Online.

### 1.3 ที่ราบสูงบนผิวดวงจันทร์

บริเวณที่มีสีอ่อนกว่าบนพื้นผิวดวงจันทร์นั้นเรียกว่า "ที่ราบสูง (Highland)" เพราะเป็นบริเวณที่มีความสูงมากกว่าส่วนที่เป็นทะเล หรือ มาเร (Mare) ในที่ราบสูงพบว่ามีแนวเทือกเขาที่โดดเด่นอยู่มากมาย นอกจากนี้ยังพบ "แอ่งปะทะ (impact basins)" ขนาดใหญ่ซึ่งเต็มไปด้วยหิน บะซอลต์อยู่เป็นจำนวนมาก นักดาราศาสตร์สันนิษฐานว่าหินบะซอลต์ที่พบนี้เป็นซากที่หลงเหลืออยู่จากการพุ่งชนของอุกกาบาต เนื่องจากดวงจันทร์ไม่มีชั้นบรรยากาศทำให้อุกกาบาตจึงพุ่งชนผิวของดวงจันทร์ได้โดยไม่เกิดการเสียดสีเผาไหม้ก่อน การปะทะจึงรุนแรงและก่อให้เกิดแอ่งปะทะขนาดใหญ่ เช่น แอ่งปะทะบนดวงจันทร์ที่ใหญ่ที่สุดเท่าที่รู้จักกันในระบบสุริยะ คือ "แอ่งแอตเคนซั้วใต้ (South Pole-Aitken basin)" แอ่งนี้อยู่ทางฝั่งด้านไกลของดวงจันทร์ ระหว่างขั้วใต้ของดวงจันทร์กับแนวศูนย์สูตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2,240 กิโลเมตร ลึก 13 กิโลเมตร ส่วนเทือกเขาที่พบบนผิวดวงจันทร์นั้นพบว่าเทือกเขาที่อยู่บริเวณรอยต่อของ ที่ราบสูง และ มาเร เกิดจากการปรับตัวของผิวดวงจันทร์ในยุคแรก หลังจากการกำเนิดของดวงจันทร์ ส่วนเทือกเขาอื่นๆ ที่อยู่บน ที่ราบสูงนั้นเป็นซากที่เกิดขึ้นจากการชนของอุกกาบาตจำนวนมาก ดังแสดงในภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงขนาดของแอ่งปะทะ ขนาด 50 กิโลเมตร

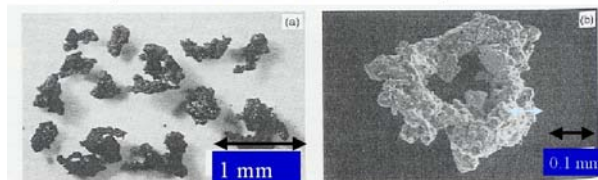
ที่มา: Michael A. Seeds. (2005). *Chapter 21: Foundations of Astronomy*. p. 452.

#### 1.4 ฝุ่นบนดวงจันทร์

ฝุ่นบนดวงจันทร์เป็นสารประกอบซิลิโคน เช่นเดียวกับกับแร่เขี้ยวหิน (quartz) แม้ว่าจะไม่ก่อให้เกิดผลทางเคมีที่เป็นอันตรายต่อระบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แต่ความน่ากลัวอยู่ที่ฝุ่นเหล่านี้ซึ่งมีความละเอียดมากกว่ากับแป้ง (ดังภาพประกอบ 7) นักบินอวกาศในโครงการอะพอลโล (Apollo) พบประสบการณ์เลวร้ายเกี่ยวกับฝุ่นเหล่านี้ เพราะมันจะเกาะติดกับสิ่งต่างๆ และกำจัดออกได้ยากมาก เมื่อฝุ่นติดกับชุดนักบินอวกาศแล้ว เมื่อเข้ามาภายในยานอวกาศ ก็จะมีโอกาสสัมผัสกับนักบินและถูกสูดเข้าไปในปอดจนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตนักบินได้ เพื่อเป็นแนวทางบรรเทาอันตรายจากสิ่งนี้ องค์การนาซาได้ริเริ่มโครงการวิจัยที่มีชื่อตรงตัวและเข้าใจได้ง่ายว่า “โครงการดัสต์ (Dust project)” มีระยะเวลาโครงการ 4 ปี เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการป้องกันฝุ่นจากดวงจันทร์และดาวเคราะห์ต่างๆ จากอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และชุดนักบินอวกาศ การวิจัยมุ่งเน้นใช้เทคนิคในการไล่ฝุ่นออกจากชุดอวกาศโดยใช้หลักการของไฟฟ้าสถิต และการเคลือบฟิล์มป้องกันฝุ่นบนอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีเหล่านี้อาจไม่เพียงใช้ประโยชน์บนดวงจันทร์เท่านั้น แต่ยังสามารถใช้บนโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย เช่น ใช้ในการป้องกันฝุ่นอันตรายจากทะเลทราย ป้องกันฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมทำไม้ และป้องกันฝุ่นแร่เขี้ยวหินในเมืองแร่

## What is Lunar Dust Like?

- Similar to Ash
  - Diverse Size Distribution
    - Mean size = 19 microns
  - $\text{SiO}_2$  (44.72%) and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (14.86%)
  - Properties
    - Magnetic ( $\text{Fe}^0$  Patina)
    - Jagged
    - High Porosity



(ก)

(ข)

ภาพประกอบ 7 ผุ่นบนดวงจันทร์ (ก) ขนาด 1 มิลลิเมตร และ (ข) ขนาด 0.1 มิลลิเมตร

ที่มา: [http://science.nasa.gov/media/medialibrary/2005/03/18/18mar\\_moonfirst\\_resources/moondust\\_big.jpg](http://science.nasa.gov/media/medialibrary/2005/03/18/18mar_moonfirst_resources/moondust_big.jpg): Online.

### 1.5 น้ำบนดวงจันทร์

ในวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2552 (ค.ศ.2009) ซึ่งเป็นวันครบกำหนด 100 วันในการส่งดาวเทียม LCROSS ไปโคจรรอบดวงจันทร์ นาซาจึงได้จุดจรวดที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียมพร้อมกับปล่อยให้ดาวเทียมตกกระทบพื้นผิวดวงจันทร์ แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์บนดาวเทียม นาซาก็ได้แถลงผลวิเคราะห์ว่าผุ่นที่กระจายขึ้นมานั้นมีน้ำประมาณ 90 ลิตร ซึ่งน้ำเหล่านี้เป็นน้ำที่ติดมากับอุกกาบาตเมื่อตกกระทบพื้นผิวดวงจันทร์น้ำเหล่านี้ก็จะไหลไปรวมกันอยู่ใต้พื้นผิวดวงจันทร์ การยืนยันนี้ได้มาจากอุปกรณ์รับรู้ NIR (Near Infrared sensor) โดยอาศัยการวัดค่าสเปกตรัม (spectrum) ของแสงก่อนการชนและหลังการชน เพื่อเทียบสัดส่วนของพลังงานในย่านต่างๆ พบว่าย่าน 300 นาโนเมตร นั้นมีพลังงานสูงขึ้นมาเป็นการยืนยันว่ามี ไฮดรอกซิล (Hydroxyl) อยู่ในผุ่นที่ลอยขึ้นมา ซึ่งก่อนหน้านี้ ข้อมูลจากกล้องฮับเบิลเคยแสดงข้อมูลเบื้องต้นว่าอาจจะมีไฮดรอกซิล ในผุ่นที่ลอยขึ้นมา แต่ช่วงเวลาที่แถลงข่าวนั้นยังไม่มี การยืนยันขนาดหลุมที่เกิดขึ้นจากการพุ่งชนมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20-30 เมตร (60-100 ฟุต) สำหรับการสังเกตการพวยผุ่นที่นาซาคาดว่าน่าจะใช้อุปกรณ์สมัครเล่นทำได้นั้น กลับไม่สามารถทำได้เนื่องจากสภาพอากาศ แต่นาซาได้ถ่ายภาพไว้เป็นข้อมูลในการศึกษาต่อไปและในปี พ.ศ. 2539 (1996) พบน้ำแข็งที่ขั้วใต้ของดวงจันทร์โดยโครงการ Clementine ยิ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์มั่นใจมากยิ่งขึ้นบนดวงจันทร์ต้องมีแหล่งน้ำอย่างแน่นอน

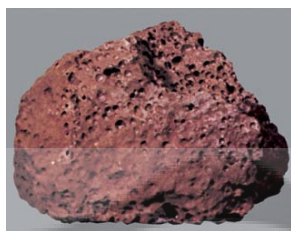


## 1.6 หินบนดวงจันทร์

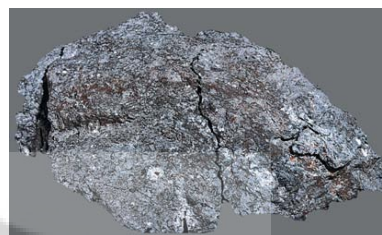
หินบนดวงจันทร์เป็นหินที่มีลักษณะคล้ายกับหินบนโลกเนื่องจากหลักฐานการค้นพบดวงจันทร์และโลกน่าจะเกิดจากมวลก้อนเดียวกันจึงทำให้โลกและดวงจันทร์มีแร่ธาตุและก้อนหินเหมือนกันกับโลกแต่จะแตกต่างกันตรงที่หินบนโลกจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบ แต่หินบนดวงจันทร์ไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบเลยแม้แต่น้อย



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 8 หินบนดวงจันทร์ (ก) Impact breccia (ข) Mare basalt (ค) High-lands anorthosite

ที่มา: Michael A. Seeds. (2005). *Chapter 21: Foundations of Astronomy*. p. 457.

## 1.7 ลักษณะเฉพาะวงโคจรของดวงจันทร์ (Orbital characteristics for the Moon)

ระยะจุดใกล้โลกที่สุด (Perigee): 363,104 กิโลเมตร (0.0024 หน่วยดาราศาสตร์)

ระยะจุดไกลโลกที่สุด (Apogee): 405,696 กิโลเมตร (0.0027 หน่วยดาราศาสตร์)

กึ่งแกนเอก (Semi-major axis): 384,399 กิโลเมตร (0.00257 หน่วยดาราศาสตร์)

เดือนทางดาราคติ (Orbital period): 27.321582 วัน (27 วัน 7 ชั่วโมง 43.1 นาที)

เดือนจันทร์คติ (Synodic period): 29.530588 วัน (29 วัน 12 ชั่วโมง 44.0 นาที)

อัตราเร็วเฉลี่ยในวงโคจร (Average orbital speed): 1.022 กิโลเมตร/วินาที

ความเอียง (Inclination): 5.145 องศา กับ สุริยวิถี (ระหว่าง 18.29 องศา และ 28.58 องศา

กับศูนย์สูตรโลก)

## 1.8 ลักษณะเฉพาะทางกายภาพ (Physical characteristics)

รัศมีเฉลี่ย (Mean radius): 3,474.206 กิโลเมตร (0.273 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางโลก)

ความแป้น (Flattening): 0.00125

เส้นรอบวงตามแนวศูนย์สูตร (Circumference): 10,916 กิโลเมตร

พื้นที่ผิว (Surface area):  $3.793 \times 10^7$  ตารางกิโลเมตร

ปริมาตร (Volume):  $2.1958 \times 10^{10}$  ลูกบาศก์กิโลเมตร

มวล (Mass):  $7.3477 \times 10^{22}$  กิโลกรัม (0.0123 เท่าของโลก)

ความหนาแน่นเฉลี่ย (Mean density): 3,346.4 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความโน้มถ่วงที่ศูนย์สูตร (Equatorial surface gravity): 1.622 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

ความเร็วหลุดพ้น (Escape velocity): 2.38 กิโลเมตร/วินาที

คาบการหมุนรอบตัวเอง (Sidereal rotation period): 27.321582 วัน (การหมุนสมวาร)

ความเร็วการหมุนรอบตัวเอง (Equatorial rotation velocity): 4.627 เมตร/วินาที

ความเอียงของแกน (Axial tilt): 1.5424 องศา (กับสุริยวิถี)

อัตราส่วนสะท้อน (Albedo): 0.12

อุณหภูมิพื้นผิว (Surface temperatures): ที่เส้นศูนย์สูตรต่ำสุด 100 เคลวิน

สูงสุด 390 เคลวิน อุณหภูมิเฉลี่ย 220 เคลวิน

โชติมาตรปรากฏ (Apparent magnitude): -12.74 (-2.5 ถึง -12.9 ของดวงจันทร์เต็มดวง)

เส้นผ่านศูนย์กลางเชิงมุม (Angular diameter): มีขนาดตั้งแต่ 29 ลิปดา ถึง 33 ลิปดา

ความดันพื้นผิว (Surface pressure): ในเวลากลางวันมีค่าเท่ากับ  $10^7$  อุนภาค/ลูกบาศก์เซนติเมตร และในเวลากลางคืนมีค่าเท่ากับ  $10^5$  อุนภาค/ลูกบาศก์เซนติเมตร

## 2. หุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์

หุ่นยนต์แอทลีท (ATHLETE) เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายแมงมุมมี 6 ขาและ 6 ล้อติดอยู่ตำแหน่งปลายขาทั้ง 6 ขา ซึ่งมีความสามารถในการเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้เหมาะสม โดยสามารถใช้ขาหรือล้อสำหรับการเคลื่อนที่และสามารถเลือกรูปแบบในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวต่างๆ (ภาพประกอบ 9) ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดดังกล่าวมาสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU (Srinakharinwirot University) โดยใช้ล้อและขาในการเคลื่อนที่และปฏิบัติภารกิจบนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายดวงจันทร์



ภาพประกอบ 9 หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (NASA)

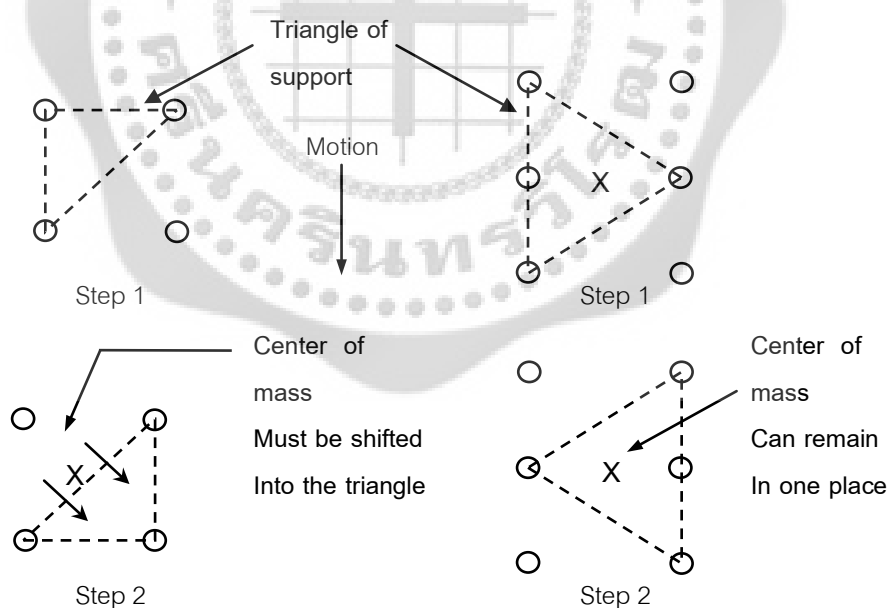
ที่มา: <http://www.news.com.au/technology/sci-tech/twelve-eyed-six-legged-dancing-robot-athlete-coming-to-a-planet-near-you/story-fn5fsgyc-1226260807299>: online.

### 3. ทฤษฎีเบื้องต้นในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

การสร้างหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่ด้วยขาได้มีการสร้างและพัฒนาจาก 2 ขาไปจนถึง 8 ขา เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวต่างๆ แต่ปัจจุบันได้มุ่งพัฒนาทั้ง 4 ขาและ 6 ขา เนื่องจากสามารถรักษาสมดุลไม่ให้หุ่นยนต์ล้มหรือพลิกคว่ำ สำหรับหุ่นยนต์ 6 ขา เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่จะใช้ 3 ขาวางบนพื้นในขณะที่ยกอีก 3 ขา ทำหน้าที่ก้าวเดิน ซึ่งข้อดีของหุ่นยนต์ที่ใช้ขาในการเคลื่อนที่สามารถเข้าไปในภูมิประเทศที่มีพื้นผิวขรุขระ ส่วนในกรณีหุ่นยนต์ 2 ขา มักมุ่งเน้นด้านการพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายกับมนุษย์ โดยอาศัยวิธีการควบคุมขั้นสูงเนื่องจากการเดินจะเป็นลักษณะกึ่งพลศาสตร์ กล่าวคือ ในขณะที่ก้าวเดินมีเพียงขาเดียวที่วางอยู่บนพื้น สำหรับกรณีของหุ่นยนต์ 2 ขา จะต้องมีการรักษาสมดุลเช่นเดียวกับการเดินของมนุษย์ซึ่งมีความซับซ้อนและยุ่งยากมากกว่า (ณัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์, 2542)

#### 3.1 การรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ 4 ขาให้อยู่ในพื้นที่สามเหลี่ยม

หุ่นยนต์ 4 ขา สามารถเคลื่อนที่ในลักษณะสมดุลได้โดยใช้ 1 ขาจะใช้ในการก้าวเดิน ในขณะที่อีก 3 ขาของหุ่นยนต์จะวางอยู่บนพื้นเพื่อรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ โดยต้องอาศัยการย้ายจุดศูนย์กลางมวลให้อยู่ ภายในพื้นที่สามเหลี่ยมที่เกิดจากการวางตำแหน่งของขาทั้ง 3 ตลอดเวลา ซึ่งแต่ละขาของหุ่นยนต์จะมีลักษณะคล้ายแมลง ทำให้สามารถปรับท่าเดินให้เหมาะสมกับพื้นผิว



ภาพประกอบ 10 จุดศูนย์กลางมวลของการเดินแบบสี่ขาและหกขาของหุ่นยนต์

ที่มา: ณัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์. (2542). การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์เดินบนระนาบแบบขนาน. หน้า 4.

### 3.2 การรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ 6 ขาให้อยู่ในพื้นที่สามเหลี่ยม

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 6 ขา สามารถรักษาสมดุลของการเคลื่อนที่โดยใช้ขาที่มีอิสระในการก้าวเดินทั้ง 3 ขา ในการเคลื่อนที่ ส่วนอีก 3 ขาจะวางอยู่บนพื้นเพื่อรักษาสมดุลของหุ่นยนต์สามารถสังเกตได้จากจุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ภายในพื้นที่สามเหลี่ยมเสมอ จึงจะสามารถรักษาสมดุลได้เมื่อเคลื่อนที่ ส่วนการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ เวลา และแรง ตามหลักกลศาสตร์ (Mechanics) สามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ สถิตศาสตร์ (Statics) และพลศาสตร์ (Dynamics) สถิตศาสตร์ จะศึกษาระบบที่อยู่นิ่งไม่มีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่วนพลศาสตร์ จะศึกษาระบบที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นการพิจารณาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จึงควรพิจารณาหลายๆ ด้านเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวต่างๆ ได้อย่างสมบูรณ์ (ณัฐดนัย ตันทวิรุพห์. 2542)

### 3.3 การออกแบบหุ่นยนต์ SWU

การออกแบบหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์แบบ 6 ขา ของนาซาที่มีชื่อว่าแอทลิท ได้นำแนวคิดการใช้ขาและล้อในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวต่างๆ เพื่อเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบในการสำรวจดวงจันทร์ สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดเดียวกับการออกแบบหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์แบบ 6 ขา ของนาซาในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อใช้ในการสำรวจดวงจันทร์ของคณะผู้วิจัย ซึ่งเรียกหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์นี้ว่า SWU หุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ของคณะผู้วิจัยถูกออกแบบและสร้างขึ้นมีขนาดเล็กเพียง 30x30x15 เซนติเมตร ในขณะที่ขนาดของหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์แอทลิทของนาซามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เมตร ซึ่งขนาดของลำตัวหุ่นยนต์ SWU เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 5x10 เซนติเมตร และทำจากพลาสติกแข็งและอลูมิเนียมเพื่อลดน้ำหนักโดยรวมของตัวหุ่นยนต์ ขนาดของลำตัวหุ่นยนต์ถูกออกแบบมาให้ขาและล้อสามารถรองรับน้ำหนักของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ตลอดจน ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดให้สามารถติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ทั้งหมด มีขาและล้อทั้งหมด 6 ขาและ 6 ล้อ ถูกยึดติดอยู่ที่ลำตัวของหุ่นยนต์ ขาหุ่นยนต์แต่ละขาประกอบไปด้วยเซอร์โวมอเตอร์ 3 ตัวและ 1 ล้อ ดังนั้นจะมีเซอร์โวมอเตอร์ของขาทั้ง 6 ขาจำนวน 18 ตัว และปลายขาแต่ละขาจะมีล้อติดอยู่จำนวน 6 ล้อ เพื่อรักษาเสถียรภาพในการควบคุมหุ่นยนต์ ให้เคลื่อนที่ในสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ ซึ่งขามีข้อได้เปรียบในการเข้าถึงพื้นที่ ที่มีพื้นผิวขรุขระ การเดินจะเป็นการใช้ในการเคลื่อนที่บนผิวขรุขระ แต่ถ้าหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวราบหุ่นยนต์ก็สามารถเปลี่ยนรูปร่างเป็นรูปแบบคล้ายกับรถที่สามารถใช้ล้อในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบโดยขาของหุ่นยนต์ทั้ง 6 ขา จะถูกพับเก็บ หุ่นยนต์ก็จะใช้ 6 ล้อ ที่ช่วยให้สามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วบนพื้นผิวเรียบ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบ อีกทั้งขาและล้อทั้งหมดจะเชื่อมต่อกันในการกำหนดค่าการทำงานเป็นระบบเครือข่ายแบบอนุกรมซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ (lithium polymer battery) ที่แรงดันไฟฟ้า 11.1 โวลต์ และให้กระแสไฟฟ้า 2200 มิลลิแอมแปร์

สามารถใช้งานหุ่นยนต์ได้ประมาณ 30 นาที เซอร์โวมอเตอร์ที่เลือกใช้เป็นเซอร์โวมอเตอร์แบบ Dynamixel รุ่น AX - 12 และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR มีการส่งข้อมูลและรับข้อมูลผ่านการสื่อสารอนุกรมแบบ RS-232 (ถวิดา มณีวรรณ. 2546)

#### 4. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมหุ่นยนต์

##### 4.1 อุปกรณ์รับรู้ (Sensor) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ SWU

อุปกรณ์รับรู้ ADXL335 เป็นอุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร่ง 3 แกน (Accelerometer sensor) ภายในบรรจุตัวตรวจจับความเร่งแบบ 3 แกน สามารถวัดได้ทั้งความเร่งเชิงพลศาสตร์ (dynamic acceleration) หรือ ความสั่นสะเทือน (vibration) และความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity)

##### 4.1.1 คุณสมบัติของโมดูล ADXL335

1. วัดความเร่งในย่าน  $\pm 3g$
2. โครงสร้างตรวจจับความเร่งแบบ 3 แกน (ตั้งฉากกัน)
3. ติดตั้งวงจรประมวลผลสัญญาณมาภายในตัวถึงเดียวกัน
4. รับแรงดันไฟเลี้ยงที่ 3.3 โวลต์



ภาพประกอบ 11 อุปกรณ์รับรู้ ADXL335

ที่มา: [http://www.thaieasyelec.com/images/catalog\\_images/1251519349.jpg](http://www.thaieasyelec.com/images/catalog_images/1251519349.jpg): online.

เนื่องจากอุปกรณ์รับรู้ ADXL335 ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งานโดยตรง จึงได้นำเอาอุปกรณ์รับรู้ ADXL335 มาติดตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์ จากนั้นต่อขาอุปกรณ์ออกมาเพื่อให้สามารถติดตั้งบนแผ่นวงจร สะดวกต่อการนำไปทดลองและประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ

##### 4.1.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์รับรู้ ADXL335

อุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร่ง 3 แกน (Accelerometer sensor) รุ่น ADXL335 ถูกออกแบบและสร้างด้วยเทคโนโลยีแบบไมโครแมคชีนโพลีซิลิกอน (Micromachined polysilicon) ซึ่งประกอบด้วยโพลีซิลิกอน (Polysilicon) 3 ชั้น โดยโพลีซิลิกอนชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 จะถูกยึดติดอยู่กับที่

ส่วนชั้นที่ 2 จะเคลื่อนที่หรือสั่นอยู่ระหว่างชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างแผ่นที่ 1 กับ แผ่นที่ 2 จะมีค่าความจุไฟฟ้าเกิดขึ้น ในทำนองเดียวกันหากมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างแผ่นที่ 2 กับ แผ่นที่ 3 ก็จะมีค่าความจุไฟฟ้าเกิดขึ้นเช่นกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงของประจุทั้ง 2 ค่า ซึ่งค่าที่วัดได้ตามแกนของโครงสร้างอยู่ในทิศทางเคลื่อนที่ของพื้นผิว มีการประมวลสัญญาณจากวงจรและมีการกำหนดค่าเท่ากับ 0.35 mV/g ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Ristic, Lj.; & et al. 1992: 118-121)

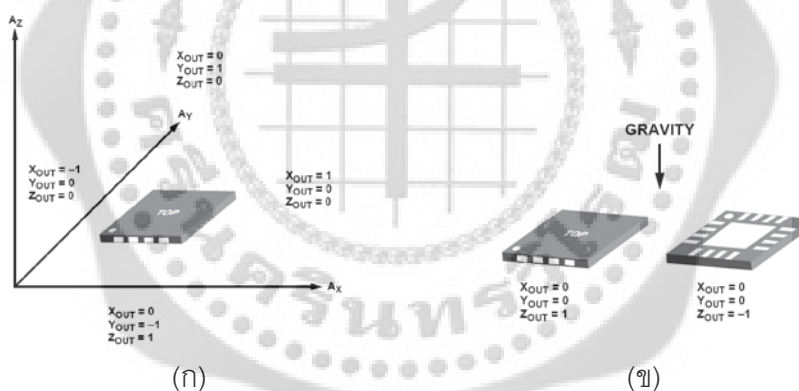
ภายในอุปกรณ์รับรู้ที่ใช้ ADXL335 มีโพลีซิลิกอน (polysilicon) เรียงซ้อนกันอยู่ 3 ชั้น เมื่อชั้นของโพลีซิลิกอนถูกบีบตัวเข้าใกล้กันก็จะทำให้ระยะห่างของแผ่นโพลีซิลิกอนทั้ง 3 ชั้น มีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างชั้น ดังแสดงในสมการ

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (1)$$

เมื่อระยะระหว่างแผ่นของโพลีซิลิกอนถูกบีบเข้ามาใกล้กันก็จะทำให้ค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2)$$

จากนั้นสามารถหาความต่างศักย์ของแผ่นโพลีซิลิกอน เมื่อ  $V$  เปลี่ยนไป 0.35 mV มีค่าเท่ากับ 1 g



ภาพประกอบ 12 แสดงผลของอุปกรณ์รับรู้ ADXL335 (ก) แสดงผลของแกน X และแกน Y

(ข) แสดงผลของแกน Z

ที่มา: [http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADXL335.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL335.pdf): online.

#### 4.2 เซอร์โวมอเตอร์ (servo motor)

เซอร์โวมอเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับการขับเคลื่อนเครื่องจักรหรืองานที่ต้องการการกำหนดการหมุนเป็นช่วงๆ หรือตามองศาที่ต้องการ โดยกำหนดการหมุนในลักษณะครึ่งวงกลมโดยจะรับสัญญาณพัลส์ (Pulse) ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วยแผงวงจรควบคุมทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการหมุนหรือเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ชุดเฟืองที่ติดตั้งไว้

ภายในประกอบด้วยเฟือง ทำหน้าที่เพิ่มกำลังหรือแรงบิดให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ การรับสัญญาณพัลส์ (Pulse) จากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับสัญญาณเพียง 1 เอาท์พุตเท่านั้น จึงประหยัดขาอินพุตและเอาท์พุต ได้มากกว่าการใช้ สเต็ป มอเตอร์ (Step motor) ติดตั้งง่ายเพราะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม และมีขนาดเล็กซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละรุ่นและยี่ห้อ ใช้ไฟกระแสตรงได้ตั้งแต่ 4.8 – 16 โวลต์ หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์คือจะหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยจะรับสัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่เป็น PWM (Pulse wide modulation) ซึ่งผลที่ได้คือออกมาคือองศาที่หมุนไปของเซอร์โวมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลส์ (Pulse) คาบของพัลส์ (Pulse) ที่ใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์โดยทั่วไปจะมีค่า 20 มิลลิวินาทีในงานวิจัยนี้ได้ใช้เซอร์โวมอเตอร์รุ่น AX-12 ซึ่งเป็นเซอร์โวมอเตอร์แบบดิจิทัลสามารถสั่งการทำงานได้โดยตรงและมีความถูกต้อง



ภาพประกอบ 13 เซอร์โวมอเตอร์ Dynamixel รุ่น AX-12 มีทอร์กขนาดไม่เกิน 1 N·m

ที่มา: <http://www.robotis.com/xen/dynamixel/> Online.

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดของเซอร์โวมอเตอร์ AX-12 (Dynamixel)

รายละเอียดของเซอร์โวมอเตอร์ AX-12	ข้อมูลต่างๆ ของเซอร์โวมอเตอร์ AX-12
Operating Angle	300°
Current (max)	900mA
Operating Temp.	-5°C ~ 85°C
Size	50 x 32 x 38 mm
Weight	55g
Protocol	Half Duplex Async Serial (8bit, 1stop)
Temperature Feedback	Yes

ที่มา: <http://www.robotis.com/xen/dynamixel/> Online.



### 4.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller)

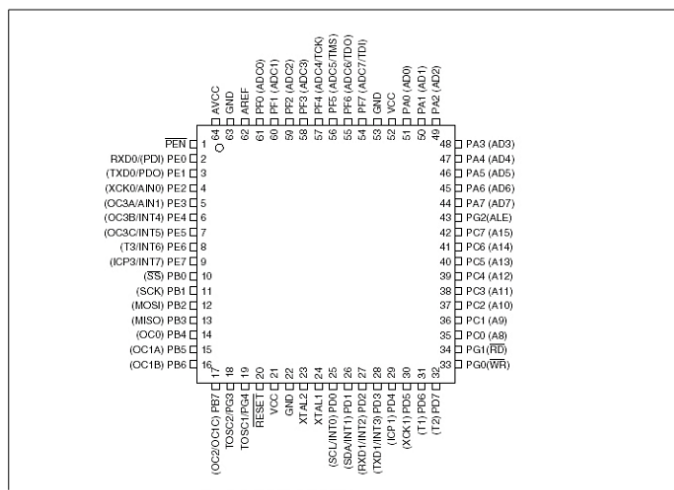
ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นสิ่งที่ได้เข้ามามีบทบาทมากในชีวิตประจำวัน เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้าหรือเครื่องจักรต่างๆ ทั้งในที่พักอาศัยตลอดจนอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้าหรือเครื่องจักรต่างๆ ในปัจจุบันมักจะเป็นระบบที่มีความสามารถในการโปรแกรมหรือเปลี่ยนแปลงหน้าที่ทำงานได้โดยง่ายเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบันและทันต่อการแข่งขัน ดังนั้นจึงถือได้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเครื่องมือช่วยงานลักษณะหนึ่ง ที่มีผลทำให้การออกแบบส่วนควบคุมลดความซับซ้อนลงได้อย่างมาก อย่างไรก็ตามการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งานก็จำเป็นต้องมีความเข้าใจทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และด้านซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมควบคุมการทำงานด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128 มีอินพุตและเอาต์พุตสำหรับรับและส่งข้อมูล 64 ขา มีขีดความสามารถสูงและมีหน่วยความจำโปรแกรม 128 กิโลไบต์ แรม (RAM) 4 กิโลไบต์ และอีอีพีรอม (EEP ROM) 4 กิโลไบต์ อีกทั้งยังมี AVR Studio เป็นชุดพัฒนาโปรแกรมที่รองรับทั้งภาษาแอสเซมบลีและภาษาซี สามารถโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมทั้งจำลองการทำงานและชุดพัฒนาโปรแกรมไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ จึงเหมาะกับการพัฒนางานในด้านการศึกษาและการเรียนรู้ด้วยตนเอง



ภาพประกอบ 14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ใช้ภาษา C คอมไพเลอร์ WinAVR (C Compiler) ซึ่งทำงานร่วมกับ AVR Studio

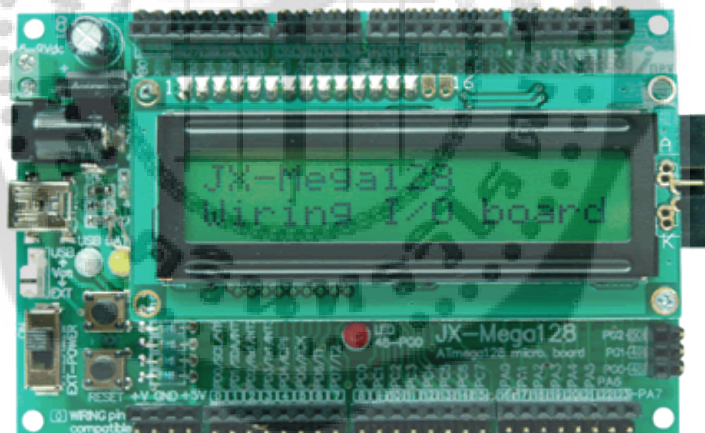
ที่มา: [www.etteam.com/product/03A21.html](http://www.etteam.com/product/03A21.html): Online.





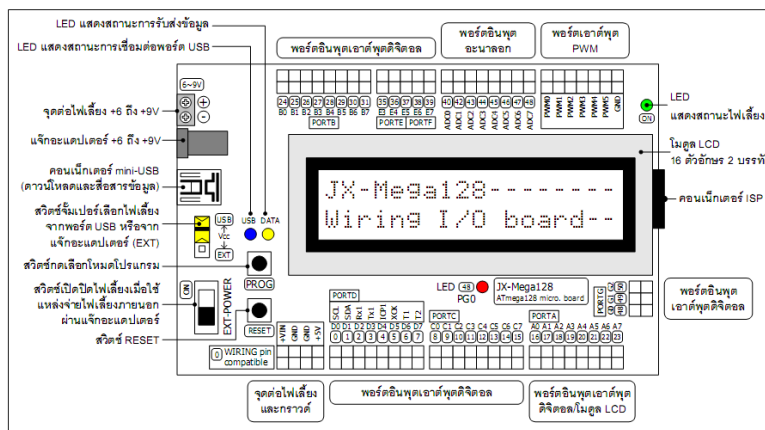
ภาพประกอบ 15 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega128

ที่มา: [www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2467.pdf](http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2467.pdf): Online.



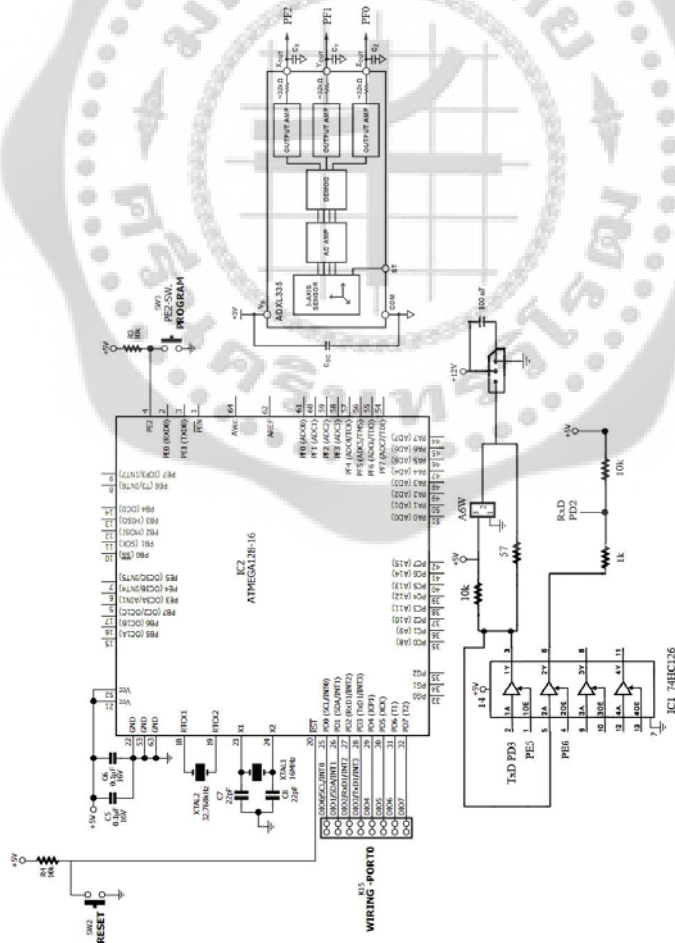
ภาพประกอบ 16 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128 รุ่น JX-Mega128

ที่มา: [www.appsofttech.com/p1/avr/JX-Mega128.htm](http://www.appsofttech.com/p1/avr/JX-Mega128.htm): Online.



ภาพประกอบ 17 แสดงส่วนประกอบของบอร์ด JX-Mega128

ที่มา: [www.appsofttech.com/p1/avr/JX-Mega128.htm](http://www.appsofttech.com/p1/avr/JX-Mega128.htm): Online.



ภาพประกอบ 18 วงจรควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

## 5. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี พ.ศ.2548 (ค.ศ. 2005) มาร์โกและคาซุยะ (Marco Chacin; & Kazuya Yoshida. 2005: 1-8) ได้ศึกษาแขนงกลแบบอิสระสำหรับสำรวจพื้นผิวดาวเคราะห์เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่แบบการระบุตำแหน่งด้วยตนเอง โดย Macro Chacin และ Kazuya Yoshida (มหาวิทยาลัย Tohoku ญี่ปุ่น) ได้นำเสนอการออกแบบและการวิเคราะห์เบื้องต้นของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่สำหรับการสำรวจดาวเคราะห์น้อย ซึ่งคณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการทดสอบหุ่นยนต์สามารถตรวจสอบข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของพื้นผิวดาวเคราะห์น้อยและสามารถระบุตำแหน่งของตนเองที่ถูกต้อง ซึ่งการจำลองเบื้องต้นเกี่ยวกับพฤติกรรมแบบไดนามิกของหุ่นยนต์หลายขาในแรงโน้มถ่วงของแต่ละดวงดาวสามารถนำเสนอ ด้วยหลักการของการเคลื่อนที่โดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ 3 มิติ การออกแบบสถานการณ์ภารกิจที่มีความเป็นไปได้ ความสามารถในการเข้าใจและการควบคุมซึ่งจะเน้นการสร้างเสถียรภาพของท่าเดินที่สามารถระบุตำแหน่งของตนเองเพื่อการเคลื่อนที่อย่างมั่นคงของหุ่นยนต์ให้มีความเร็วตามต้องการและถูกต้อง

ในปี พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2006) คริส ทิมโมตี้ และยีน (Kris Hauser; Timothy Bret; & Jean-Claude Latombe. 2006) จากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด และ Brian Wilcon จากสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย ได้ศึกษาการวางแผนการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์สำรวจ 6 ขา เรียกหุ่นยนต์นี้ว่า ATHLETE พัฒนาโดยห้องปฏิบัติการเจ็ท โพรพัลชัน (Jet Propulsion) ซึ่งหุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถขับเคลื่อนโดยล้อและสามารถใช้ล้อแทนขาในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบเพื่อประหยัดพลังงาน ในขณะที่เดินเพื่อให้เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ในภูมิประเทศที่มีพื้นผิวขรุขระและสูงชันสามารถใช้ขาในการเคลื่อนที่และการปรับเปลี่ยนท่าที่ในการเคลื่อนที่บนภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่โดยการค้นหาเทคนิคการสร้างลำดับของการก้าวเท้าของหุ่นยนต์ในการรักษาสมดุลและพร้อมกับเก็บตัวอย่างความน่าจะเป็นในการสร้างการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการสำรวจ โดยหุ่นยนต์สามารถปฏิบัติภารกิจบนภูมิประเทศแบบต่างๆ ตลอดจนการเคลื่อนที่ลงจากที่สูงของหุ่นยนต์อย่างนุ่มนวล

ในปี พ.ศ.2550 (ค.ศ. 2007) อเล็กซอง (Alexandre Frechette. 2007: 2867-2875) ได้ศึกษาการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อการสำรวจอวกาศที่มีขาและล้อ ในหัวข้อนี้ถูกเลือกมาเพื่อการทดสอบในระหว่างการทำงานสามารถพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อการสำรวจอวกาศที่มีขาและล้อ รายงานการวิจัยได้อธิบายเหตุผลการพัฒนา แนวคิดขั้นตอนการประดิษฐ์หุ่นยนต์ดังกล่าว การค้นพบปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกนำมาใช้หรือวางแผนในอนาคต การใช้งานขั้นสูงสุดสำหรับการวิจัยหุ่นยนต์ชื่อ LEON

(การสำรวจอวกาศแบบรอบทิศทาง) วิธีการพัฒนานี้จำเป็นต้องใช้และปรับปรุงเครื่องจักรกล อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และทักษะการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ ส่วนขาของหุ่นยนต์มีการดำเนินการควบคุมแบบลูปเปิดและระยะไกล การออกแบบล้อสามารถกำหนดการควบคุมและวิธีการผสมผสานการสื่อสารได้ดีที่สุดเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาโดยเลือกรูปแบบการส่งสัญญาณอนุกรมแบบ RS-485 และการกำหนดเวลาการทำงานของล้อก็ยังคงต้องปฏิบัติควบคู่ไปเช่นเดียวกับการตรวจสอบสถานะแวดล้อม

ในปี พ.ศ.2551 (ค.ศ. 2008) แมทธิวและคณะ (Matthew Heverly; et al. 2008: 147-151) ห้องปฏิบัติการเจ็ท โพรพิวชัน (Jet Propulsion) สถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ด้วยล้อเพื่อปฏิบัติการกิจของยานสำรวจ โดยใช้ขา 6 ขาในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่มีความยากลำบากและมีลักษณะคล้ายกับพื้นผิวของดวงจันทร์หรือดาวเคราะห์ ซึ่ง หุ่นยนต์ต้นแบบ ATHLETE สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีการออกแบบเพื่อสำรวจบนพื้นผิวที่เสี่ยงภัยและอันตรายจากรังสีต่างๆ โดยใช้ขาและล้อชนิดพิเศษในการสำรวจภูมิประเทศที่มีพื้นผิวขรุขระและสูงชัน ATHLETE สามารถเคลื่อนที่ไปพร้อมกับการใช้เครื่องมือเพื่อหยิบจับวัตถุและสามารถบรรทุกทุกสิ่งมีชีวิตตลอดจนสัมภาระได้เป็นจำนวนมาก สามารถเคลื่อนที่ได้ทุกพื้นผิวและยังรักษาความสมดุลได้เป็นอย่างดีทำให้มีเวลาในการสำรวจและขนส่งนักบินอวกาศและยังช่วยสร้างสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของนักบินอวกาศ อีกทั้งนักบินอวกาศยังสามารถประกอบดูแลรักษาหุ่นยนต์ได้ง่ายและบรรทุกสัมภาระได้ครั้งละเป็นจำนวนมาก

ในปี พ.ศ.2552 (ค.ศ. 2009) มาร์โกและคาซุยะ (Marco Chacin; & Kazuya Yoshida. 2005) ได้ศึกษาหุ่นยนต์ที่มีขาหลายขาและควบคุมการทำงานเพื่อปฏิบัติการกิจในการสำรวจดาวเคราะห์น้อย ด้วยความสำเร็จของภารกิจดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จึงสนใจการสำรวจดาวเคราะห์น้อยเพิ่มขึ้น แต่การวิเคราะห์พื้นผิวของดวงดาวต่างๆ ทำได้ยากและมีความซับซ้อนทางกายภาพจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์ลดความสนใจลง งานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบหลายขาบนพื้นฐานการตรวจสอบแรงเสียดทาน สภาพแวดล้อมที่มีแรงโน้มถ่วงน้อยๆ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบหุ่นยนต์ดังกล่าวเมื่อเคลื่อนที่ในช่วงเวลาที่มีความแตกต่างกัน การนำภาพกราฟิกเพื่อแสดงการทำงานของหุ่นยนต์ขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ทำให้ผู้ควบคุมหุ่นยนต์ทราบถึงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และสอดคล้องกับภาพกราฟิกที่จำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ผลการทดลองในสภาพแวดล้อมที่มีแรงโน้มถ่วงจำลองน้อยๆ แสดงถึงระบบการควบคุมหุ่นยนต์อย่างมีประสิทธิภาพในการรักษาสมดุลระหว่างการเคลื่อนที่กับการติดต่อสื่อสารของนักบินอวกาศ

ในปี พ.ศ.2553 (ค.ศ. 2010) แมทและคณะ (Matt Heverly ; et al. 2008: 105-108) ได้พัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา เพื่อใช้ในการสำรวจดาวเคราะห์ต่างๆ ตลอดจนการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่มีภูมิประเทศที่แตกต่างกัน โดยเลือกพัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบ 3 ขา ของหุ่นยนต์สำรวจ (Matt Heverly, Jaret Matthews, Matt Frost and Chris McQuin) ซึ่งหุ่นยนต์สามารถใช้ขาที่พัฒนาแบบ 3 ขา 2 ชุด (Tri-Athlete Vehicle) เพื่อให้สามารถใช้ขาทั้ง 6 ขา เคลื่อนที่บนภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกันซึ่งเป็นรุ่นที่ 2 ของการพัฒนาการเคลื่อนที่แบบขาที่มีปลายขาติดตั้งด้วยล้อในการเคลื่อนที่ซึ่งถูกพัฒนาเพื่อรองรับการเดินทางของมนุษย์จากยานอวกาศ ในงานวิจัยนี้ได้อธิบายการออกแบบ ชิ้นส่วน และการทดสอบของระบบหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่บนภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน แบบ 6 ขาชนิดพิเศษสามารถแบ่งออกเป็นชุดๆ ชุดละ 3 ขา โดยเน้นการทำงานร่วมกันของระบบขับเคลื่อนของแต่ละข้อต่อของแต่ละขา การออกแบบและการจัดทำชิ้นส่วนของโครงสร้างที่มีการรักษาสมดุลด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่และต้นทุนต่ำเพื่อให้สามารถประเมินงบประมาณที่แน่นอนในการจัดสร้างหุ่นยนต์ซึ่งผลของการทดสอบของการดำเนินการของชิ้นส่วนโครงสร้างที่ได้ทำการทดลองและนำเสนอวิธีการดังกล่าวใช้ต้นทุนต่ำในการพัฒนาหุ่นยนต์แบบ 3 ขา 2 ชุด ที่ทำงานด้วยกันอย่างมีประสิทธิภาพและได้ทดสอบในทะเลทรายอริโซนา ที่มีความอุปสรรคและความยากลำบากต่อการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ซึ่งหุ่นยนต์สามารถปฏิบัติการกิจบนทะเลทรายอริโซนาได้นานถึง 3 สัปดาห์

ในปี พ.ศ. 2553(ค.ศ. 2010) ไวทัสและคณะ (Vytautas Sunspiral; et al. 2010) ได้ศึกษาการเคลื่อนที่โดยใช้ขา 6 ขา ของหุ่นยนต์ด้วยชุดโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในการปฏิบัติการกิจบนพื้นผิวขรุขระ เรียบ พื้นเอียง ตลอดจนภูมิประเทศแบบต่างๆ ที่มีลักษณะคล้ายบริเวณพื้นผิวของดวงจันทร์และดาวเคราะห์ต่างๆ คณะผู้วิจัยได้นำเสนอหุ่นยนต์ที่มีชื่อว่า ATHLETE เป็นหุ่นยนต์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการสำรวจดวงดาวต่างๆ ประกอบด้วยขา 6 ขา ที่ปลายขาหุ่นยนต์จะถูกติดตั้งล้อเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบซึ่งแต่ละขาเป็นอิสระจากกัน มีความถูกต้องและการวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนที่และความสามารถในการสนับสนุนการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพของลำดับโปรแกรมชุดคำสั่งสำหรับการเดินทางหลบหลีก การก้าวเท้า โดยได้รับการพัฒนาจากองค์การนาซาเอมส์ (NASA Ames) จนสำเร็จและได้บูรณาการโปรแกรมชุดคำสั่งในการควบคุมการก้าวเดินของหุ่นยนต์แต่ละขาและได้นำหุ่นยนต์ไปทำการทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อใช้ขาในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

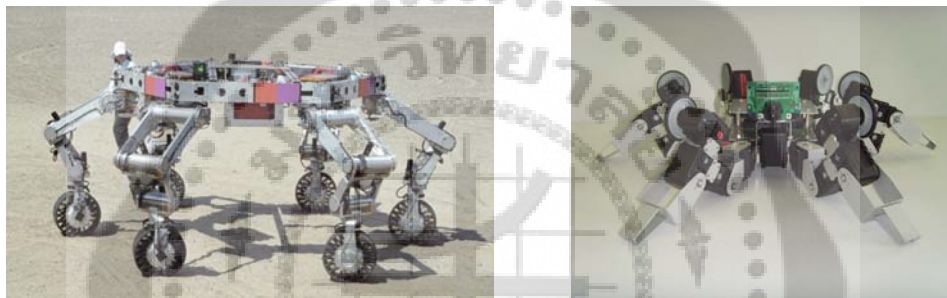
ในปี พ.ศ.2553 (ค.ศ. 2010) ดี วิลเลอร์และคณะ (D Wheeler; et al. 2010) ได้ศึกษาการก้าวขาของหุ่นยนต์แบบย่อตัวเพื่อรักษาสมดุล เป็นรูปแบบมาตรฐานสำหรับหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยขา 6 ขา บนภูมิประเทศแบบต่างๆ ที่มีความยากลำบากต่อการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ATHLETE โดย งานวิจัยนี้ได้อธิบายและประเมินผลวิธีการปฏิบัติตามแบบจำลองของหุ่นยนต์โดยใช้ขาซึ่งปลายขาแต่ละขาถูกติดตั้งด้วยล้อ วิธีนี้ขาของหุ่นยนต์ทั้งหมดจะสัมผัสกับพื้นผิวโดยเฉพาะล้อและขา ส่วนล้อถูกสร้างด้วยวิธีการพิเศษทำให้มีความยืดหยุ่นเมื่อเคลื่อนที่ ส่วนลำตัวนั้นถูกติดตั้งอยู่ด้านบนของส่วนขาและได้พัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อช่วยลดปัญหาสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยเฉพาะขาและจุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์ วิธีนี้ถูกทดสอบกับหุ่นยนต์ต้นแบบ ALTHLETE เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพให้มีความเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยหุ่นยนต์สามารถลดความสูงของหุ่นยนต์เพื่อรักษาสมดุลเมื่อเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆ



### บทที่ 3

## วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU โดยใช้แนวคิดของหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ที่ได้ใช้ในการปฏิบัติการกิจบนดวงจันทร์ คือ หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (NASA) ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายกับแมงมุม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เมตร มี 6 ขาและ 6 ล้อ (18 องศาอิสระ) ซึ่งมีความสามารถในการเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้เหมาะสมกับภารกิจต่างๆ หุ่นยนต์ดังกล่าวสามารถใช้ได้ทั้งล้อและขาในการเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการสำรวจผิวดวงจันทร์ ในงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ได้ทั้งล้อและขา 6 ขา คล้ายคลึงกับหุ่นยนต์ของนาซา (18 องศาอิสระ) ของ 6 ขา แต่ย่อส่วนให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร



(ก)

(ข)

ภาพประกอบ 19 (ก) หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (ข) เปรียบเทียบกับหุ่นยนต์ SWU Hex-Limbed Lunar Robot ซึ่งมีขนาด 30x30x15 เซนติเมตร หุ่นยนต์ทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันถึง 10 เท่า

### 1. วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1.1 แผ่นอลูมิเนียมหนา 1 มิลลิเมตร สำหรับพับขึ้นรูปปลายขาสำหรับการจับยึดหรือเกี่ยว ส่วน 1.5 มิลลิเมตร สำหรับพับขึ้นรูปขาเพื่อรับน้ำหนักและ 2 มิลลิเมตร สำหรับพับขึ้นรูปลำตัวของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

1.2 พลาสติกขึ้นรูปแบบต่างๆ

1.3 สายไฟและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1.4 ตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม 10 กิโลโอห์ม และ 57 โอห์ม

1.5 ไชซี เบอร์ 74HC126

1.6 แบตเตอรี่ลิเทียมโพลีเมอร์ (Lithium Polymer battery) 11.1 โวลต์ ให้กระแสไฟฟ้า 2200 มิลลิแอมแปร์

## 2. อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 เซอร์โวมอเตอร์ (servo motor) มีทอร์กขนาดไม่เกิน 1 N.m ที่สามารถหมุนข้อต่อแต่ละข้อต่อเซอร์โวมอเตอร์มีขนาด 50 x 32 x 38 มิลลิเมตร น้ำหนัก 55 กรัม กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ทำงาน เซอร์โวมอเตอร์ทำงานได้มีค่าเท่ากับ 900 มิลลิแอมแปร์

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128 มีขาสำหรับรับ และส่งข้อมูล 64 ขา มีขีดความสามารถสูงและมีหน่วยความจำโปรแกรม 128 กิโลไบต์ แรม (RAM) 4 กิโลไบต์ และอีอีพีรอม (EEP ROM) 4 กิโลไบต์

2.3 อุปกรณ์รับรู้ ADXL335 เป็นอุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร่ง 3 แกน (Accelerometer sensor) ภายในบรรจุตัวตรวจจับความเร่งแบบ 3 แกน

2.4 AVR Studio เป็นชุดพัฒนาโปรแกรมที่รองรับทั้งภาษาแอสเซมบลีและภาษาซี สามารถโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมทั้งจำลองการทำงานและชุดพัฒนาโปรแกรมไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ

2.5 มัลติมิเตอร์ (Multimeter)

2.6 เครื่องขึงไฟฟ้า

2.7 เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า (power supply)

2.8 เครื่องเป่าลมร้อน

2.9 เครื่องบัดกรีแบบปรับอุณหภูมิได้

## 3. สถานที่ดำเนินงานวิจัย

3.1 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3.2 สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

3.3 หอดูดาวสุริยะ สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

3.4 สถาบันหุ่นยนต์ภาคสนาม (FIBO) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## 4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4.1 การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์โดยทำการย่อขนาดของหุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา ให้มีขนาดเล็กและสามารถปฏิบัติการกิจได้เช่นเดียวกับหุ่นยนต์ของนาซา ซึ่งมีขนาดใหญ่

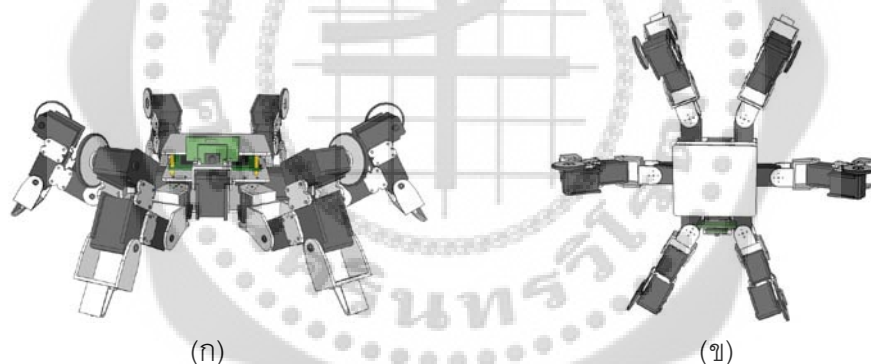


โดยหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU มีขนาดเพียง 30X30 เซนติเมตร มีขา 6 ขาและมีล้อ 6 ล้อ และสามารถเคลื่อนได้ 18 องศาอิสระ (ของขาทั้ง 6 ขา) เช่นเดียวกับกับหุ่นยนต์ของนาซา ซึ่งเกณฑ์การออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบจะประกอบไปด้วย ขนาดของหุ่นยนต์ ขาของหุ่นยนต์ ตัวหุ่นยนต์ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 การออกแบบขนาดของหุ่นยนต์ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ ในการวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นการออกแบบเพื่อที่จะปฏิบัติงานในสถานที่เล็กที่หุ่นสำรวจอื่นๆเข้าไปไม่ถึง ดังนั้นจึงออกแบบให้หุ่นยนต์มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร นอกจากนี้การที่หุ่นยนต์มีขนาดเล็กจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างหุ่นยนต์ และการเคลื่อนย้ายหุ่นยนต์สามารถทำได้สะดวก

4.1.2 การเลือกวัสดุที่นำมาสร้างหุ่นยนต์โดยวัสดุที่ใช้ต้องแข็งแรงมีน้ำหนักเบาและมีราคาไม่สูงมากนัก

4.1.3 การออกแบบโครงสร้างส่วนลำตัว ส่วนขาของหุ่นยนต์ และส่วนเชื่อมต่อระหว่างลำตัวและขาทั้ง 6 ขาโดยใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก โดยกำหนดให้จุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์อยู่ ณ บริเวณตรงกลางของตัวหุ่นยนต์พอดี ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์มีเสถียรภาพเมื่อเคลื่อนที่มากที่สุด



ภาพประกอบ 20 แสดงการออกแบบหุ่นยนต์ (ก) จากมุมมองด้านหน้าและ (ข) จากมุมมองด้านบน

4.1.4 การออกแบบให้ล้อของหุ่นยนต์อยู่ ณ บริเวณรอยต่อของขาที่ข้อที่ 1 และ 2 ซึ่งแตกต่างจากหุ่นยนต์ ATHLETE ของ NASA เนื่องมาจากผู้วิจัยต้องการให้หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ใช้ขาและล้อในการปีนขึ้นไปยังที่สูงแตกต่างจากของ NASA ที่ใช้ปลายขาเป็นล้อ

4.1.5 การออกแบบและคัดเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในหุ่นยนต์ โดยที่อุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีน้ำหนักเบา มีประสิทธิภาพในการทำงาน ประหยัดพลังงาน และมีราคาถูก

4.1.6 การเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ที่มีขนาดเล็ก มีความเสถียรภาพสูง และอัตราการใช้พลังงานต่ำ เลือกใช้อุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร่ง 3 แกน (accelerometer) และกล้องถ่ายภาพ (camera) ที่เหมาะสมกับหุ่นยนต์

4.1.7 การเลือกใช้แหล่งพลังงาน (แบตเตอรี่) ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ให้กระแสไฟฟ้าที่เพียงพอต่ออุปกรณ์ทั้งหมด และสามารถจ่ายไฟฟ้าได้เป็นเวลานาน

4.1.8 การออกแบบ การคัดเลือกอุปกรณ์ และการทดสอบหุ่นยนต์ทั้งหมดกระทำโดยละทิ้งผลของความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และโลก (ซึ่งมีค่าประมาณ 1/6 เท่า) เนื่องจากผลการศึกษาในอดีตทำให้คณะผู้วิจัยทราบว่าการคำนึงถึงผลดังกล่าวจะต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ในการประดิษฐ์และทดสอบสูงมาก



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 21 แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR 8 บิต กับเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 25 ตัว ภาควิศวกรรม ชุดชัยเคลื่อน อุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร็ว 3 แกน และกล้องถ่ายภาพของหุ่นยนต์ ต้นแบบ SWU (ก) แสดงท่าเตรียมพร้อมของหุ่นยนต์สำหรับการเคลื่อนที่ด้วยขาคล้ายแมงมุม (ข) แสดงท่าเตรียมพร้อมสำหรับการเคลื่อนที่ด้วยล้อคล้ายรถยนต์

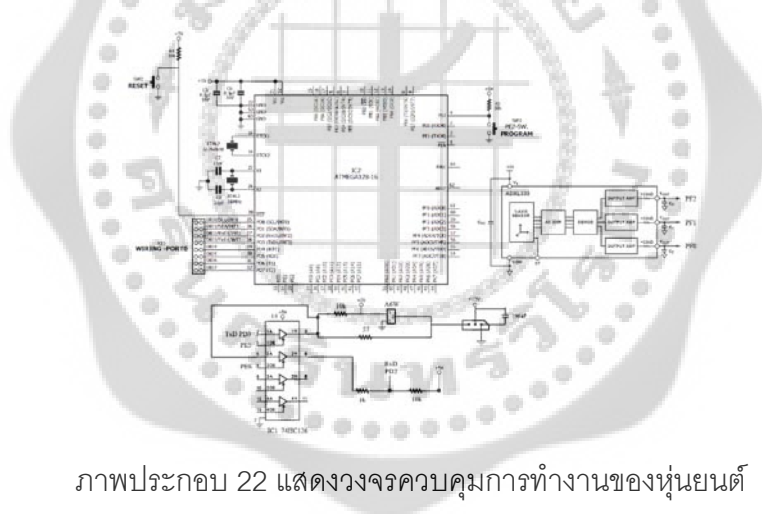
4.1.9 การเลือกใช้วัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวหุ่นยนต์พิจารณาจากความแข็งแรงต่อน้ำหนัก ความสามารถในการขึ้นรูปและทนทาน

ตาราง 2 ตารางเปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่นำมาสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

วัสดุ	ความแข็งแรงต่อน้ำหนัก	ความสามารถในการขึ้นรูป	ความทนทาน
อลูมิเนียม	ดี	ดี	ดี
เหล็ก	ปานกลาง	ปานกลาง	ดี
พลาสติก	ปานกลาง	ดี	ปานกลาง
ไม้	ดี	ดี	น้อย

ที่มา: ญัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์. (2542). การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์เดินบนระนาบแบบขนาน. หน้า 12.

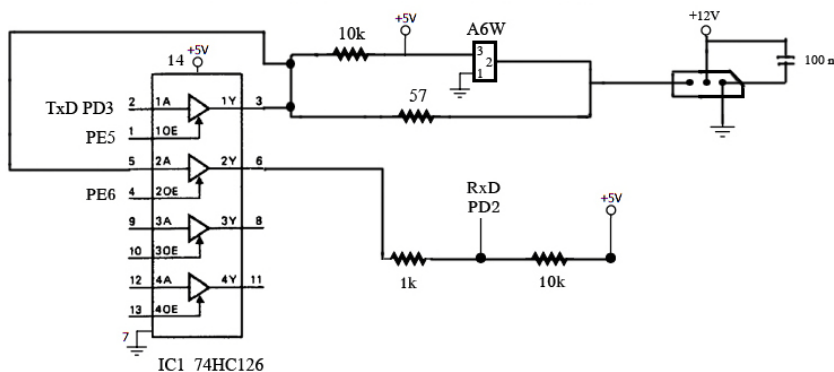
#### 4.2 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์



ภาพประกอบ 22 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

หัวใจสำคัญในการควบคุมคือไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128 เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ที่ใช้เป็นข้อต่อของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในท่าต่างๆ โดยมีอินพุตและเอาต์พุตสำหรับรับและส่งข้อมูล 64 บิต มีขีดความสามารถสูงและมีหน่วยความจำโปรแกรม 128 กิโลไบต์ แรม (RAM) 4 กิโลไบต์ และอีอีพีรอม (EEP ROM) 4 กิโลไบต์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลของหุ่นยนต์ได้เป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังสามารถประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว และ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับรู้ (sensor) ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้ ADXL 335 เพื่อใช้ตรวจสอบความเอียงของหุ่นยนต์ในการรักษาภาพสมดุลและสภาพปัจจุบันของหุ่นยนต์ อยู่ในสถานะใด

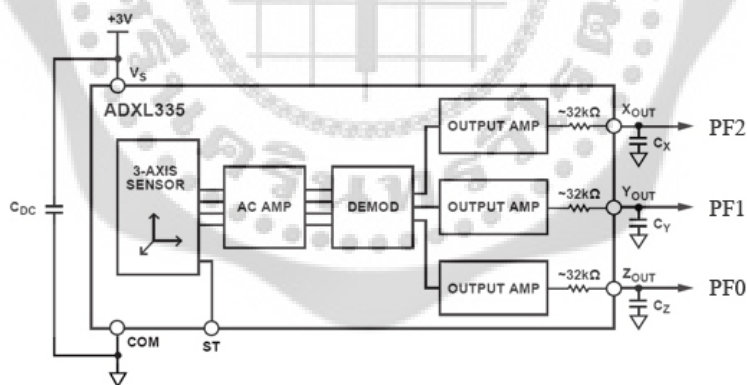
### 4.2.1 การออกแบบวงจรควบคุมเซอร์ไวโมเตอร์



ภาพประกอบ 23 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของเซอร์ไวโมเตอร์

โดยไอซี (IC) เบอร์ 74HC126 มีหน้าที่ขยายสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATmega128 อินพุต (RxD) หรือ PD2 และเอาต์พุต (Tx/D) PD3 เพื่อส่งและรับข้อมูลไปยังเซอร์ไวโมเตอร์และอ่านค่าข้อมูลของเซอร์ไวโมเตอร์กลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์

### 4.2.2 วงจรอุปกรณ์รับรู้ (Sensor)



ภาพประกอบ 24 แสดงวงจรอุปกรณ์รับรู้ (Sensor) รุ่น ADXL 335

อุปกรณ์รับรู้ ADXL335 เป็นอุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร่ง 3 แกน (Accelerometer sensor) ภายในบรรจุตัวตรวจจับความเร่งแบบ 3 แกน สามารถวัดได้ทั้งความเร่งเชิงพลศาสตร์ (dynamic acceleration) หรือ ความสั่นสะเทือน (vibration) และความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity)

โดยเอาต์พุตจากการตรวจจับความเร่งในแต่ละแกนจะถูกส่งออกทางขาสัญญาณ PF0-PF2 ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำสัญญาณทางไฟฟ้าไปแปลผลในการควบคุมหุ่นยนต์โดยสามารถเขียนโปรแกรมอ่านค่าได้

ภายในอุปกรณ์รับรู้ที่ใช้ ADXL335 มีแผ่นโพลีซิลิกอน (polysilicon) เรียงซ้อนกันอยู่ 3 ชั้น เมื่อแผ่นของโพลีซิลิกอนถูกบีบตัวเข้าใกล้กันก็จะทำให้ระยะห่างของแผ่นโพลีซิลิกอนทั้ง 3 แผ่น มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุและความสัมพันธ์ตามสมการที่ 1 และ 2 ในบทที่ 2

### 4.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์

```
#define RANGE_ADXL 5

void ADC_Init(void)
{
  ADCSRA = (1<<ADEN);
  ADCSRA |= (1<<ADPS2)|(0<<ADPS1)|(0<<ADPS0);
}

unsigned int ADC_Read(unsigned char adc_ch)
{
  ADMUX = (0<<REFS1)|(1<<REFS0)|(0<<ADLAR) | adc_ch;
  ADCSRA |= (1<<ADSC);
  while (!(ADCSRA & (1<<ADIF)));
  return (ADCW);
}

unsigned char ADXL_Read(void)
{
  word ADXL_X, ADXL_Y, ADXL_Z;
  char buf[50];
  ADXL_X = ADC_Read(2);
  ADXL_Y = ADC_Read(1);
  ADXL_Z = ADC_Read(0);
  sprintf(buf, "\n\rACC= X:%u,Y:%u,Z:%u", ADXL_X, ADXL_Y, ADXL_Z);
  TxDString(buf);
  delay_ms(300);
  if((ADXL_X>371-RANGE_ADXL && ADXL_X<371+RANGE_ADXL) &&
  (ADXL_Y>348-RANGE_ADXL && ADXL_Y<348+RANGE_ADXL) &&
  (ADXL_Z>415-RANGE_ADXL && ADXL_Z<415+RANGE_ADXL))
  {
    return 1;
  }
  return 0;
}
```

ภาพประกอบ 25 แสดงตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ในการอ่านค่าข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ ADXL335 เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประมวลผลในการบอกสภาพของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

4.3.1 เขียนโปรแกรมเพื่อจัดทำทางของหุ่นยนต์ SWU โดยพัฒนาโปรแกรมในการเขียนแบบ ทำทางการเดินของแมงมุมในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ทำเตรียมความพร้อมการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่ไปข้างหลัง การเคลื่อนที่ไปข้างหลังอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่โดยการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวซ้ายอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่โดยการเลี้ยวขวา เลี้ยวขวาอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนการให้ขามาเป็นการให้ล้อ

4.3.2 เขียนโปรแกรมเพื่อให้หุ่นยนต์ SWU สามารถเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ได้ทั้งการให้ขาหรือล้อในการเคลื่อนที่หรือปฏิบัติภารกิจต่างๆ

4.3.3 เขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ตรวจวัดความเอียงและความเร่งเพื่อบอกสภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ SWU ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจึงประมวลผลและออกคำสั่งเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถรักษาสมดุลของตัวหุ่นยนต์

4.3.4 เขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ATmega128 ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ทั้ง 25 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามท่าที่กำหนดขึ้น

#### 4.4 การทดสอบหุ่นยนต์ ในสภาวะปกติ

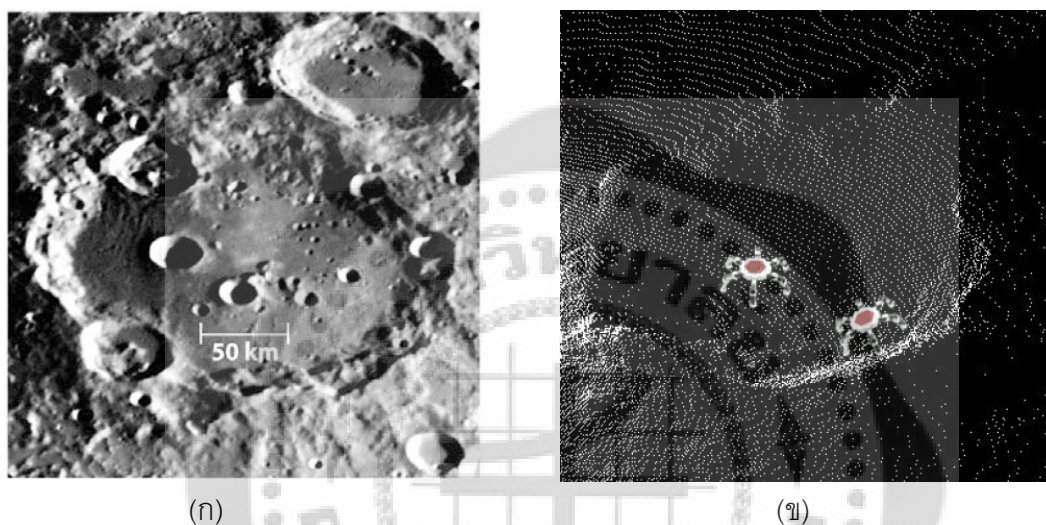
การทดสอบหุ่นยนต์ในสภาวะปกติดำเนินการบนพื้นเรียบและพื้นเอียง การทดสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบการทำงานในระบบต่างๆ ของหุ่นยนต์ว่ามีการทำงานได้สมบูรณ์หรือไม่ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของหุ่นยนต์ที่จะทดสอบในสภาวะจำลองซึ่งมีลักษณะคล้ายกับผิวของดวงจันทร์



ภาพประกอบ 26 แสดงการทดสอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียงโดยใช้ล้อ

#### 4.5 การสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ในการทดลอง

การสร้างสถานการณ์จำลองโดยสร้างพื้นผิวและสถานการณ์จำลองให้มีความคล้ายคลึงกับพื้นผิวของดวงจันทร์ (โดยไม่ทดสอบผลจากแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์) เช่น จำลองสภาพความขรุขระจากหินบนดวงจันทร์ จำลองความลาดเอียงของพื้นผิวของดวงจันทร์ จำลองฝุ่นละเอียดยที่ปกคลุมผิวของดวงจันทร์ โดยจะนำหุ่นยนต์ที่ถูกออกแบบและทำการสร้างขึ้นมาทดสอบบนพื้นผิวดังกล่าว และทำการเปรียบเทียบผลของการแก้ปัญหา



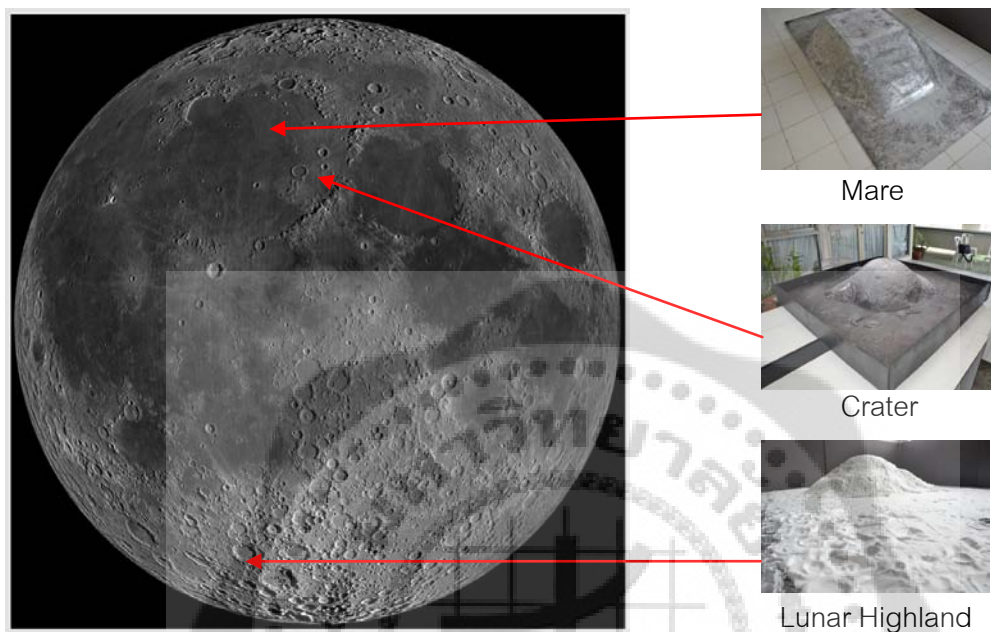
ภาพประกอบ 27 (ก) แสดงพื้นผิวดวงจันทร์จริง (ข) แสดงแบบจำลองของผิวของดวงจันทร์ที่สร้างโดยคอมพิวเตอร์กราฟิกเพื่อใช้ในการทดลองหุ่นยนต์

ที่มา : <http://lucianarchy.proboards.com/index> : Online.

โดยบริเวณพื้นผิวดวงจันทร์ที่คณะผู้วิจัยสนใจในการศึกษา มีด้วยกัน 3 แบบคือ บริเวณที่ 1 มีลักษณะแข็ง ลื่นมันวาว ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับบริเวณของมาเร (Mare) ที่มีลักษณะของพื้นผิวแข็ง ลื่นมันวาว ซึ่งเกิดจากผลของลาวาแข็งที่ปกคลุมพื้นผิว ภายหลังจากการระเบิดของภูเขาไฟจำนวนมาก ในยุคเริ่มแรกของการกำเนิดดวงจันทร์ การระเบิดดังกล่าวปลดปล่อยหินลาวา (Lava) จำนวนมากออกมา หินลาวาเหล่านั้นจึงไหลลงสู่พื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่าซึ่งก็คือมาเร (Mare) บริเวณที่ 2 มีลักษณะคล้ายกับดินบนโลกและมีหินปนอยู่ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับบริเวณของ เครเตอร์ (Crater) ซึ่งเต็มไปด้วยหินบะซอลต์อยู่มากมายเช่นเดียวกัน นักดาราศาสตร์สันนิษฐานว่าหินบะซอลต์ที่พบนี้เป็นซากที่หลงเหลืออยู่จากการพุ่งชนของอุกกาบาต เนื่องจากดวงจันทร์ไม่มีบรรยากาศดังนั้นอุกกาบาตจึงพุ่งชนผิวของดวงจันทร์ได้โดยไม่เกิดการเสียดสีเผาไหม้ก่อนการปะทะจึงรุนแรงและก่อให้เกิดแอ่งปะทะขนาดใหญ่



ใหญ่และมีดินและหินตกอยู่เป็นจำนวนมาก บริเวณที่ 3 เป็นบริเวณที่มีฝุ่นปกคลุมอยู่เป็นจำนวนมาก โดยบริเวณดังกล่าวเกิดจากฝุ่นจากการพุ่งชนของอุกกาบาตหรือฝุ่นและวัสดุคล้ายดินที่มีอยู่แล้วบนดวงจันทร์ทำให้บริเวณนี้มีฝุ่นและวัสดุคล้ายดินอยู่เป็นจำนวนมาก



(ก)

(ข)

ภาพประกอบ 28 (ก) แสดงพื้นผิวดวงจันทร์จริง (ข) แสดงผิวของดวงจันทร์ทั้ง 3 พื้นผิวที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการทดลองหุ่นยนต์

4.5.1 พื้นผิวดูดสอบที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณ มาเร (Mare) มีลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะ แข็ง ลื่นและมันวาว พื้นผิวจำลองจึงใช้ไม้และซีเมนต์เป็นส่วนประกอบในการสร้างอีกทั้งยังพ่นสีเคลือบพื้นผิวเพื่อให้มีลักษณะแข็ง ลื่นและมันวาว



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 29 (ก) แสดงลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณพื้นผิวของมาเร (Mare) เพื่อใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (ข) ด้านบนและ (ค) ด้านล่างของพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายพื้นผิวของมาเร (Mare)



4.5.2 พื้นผิวทดสอบที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณ เครเตอร์ (Crater) มีลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะมีผิงฝุ่นและมีหินของอุกกาบาตที่พุ่งชนผิวของดวงจันทร์ดังนั้นพื้นผิวบริเวณนี้จึงมีส่วนประกอบที่มีลักษณะของฝุ่นและหินดังกล่าวจึงใช้ปูนพลาสติกและหินในการสร้างพื้นผิวจำลอง



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพประกอบ 30 แสดงลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณพื้นผิวของเครเตอร์ (Crater) เพื่อใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (ก) พื้นผิวเรียบ (ข) พื้นผิวลาดชันและเป็นเนิน (ค) พื้นผิวขรุขระ

4.5.3 พื้นผิวทดสอบที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณ ลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar Highland) มีลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะเป็นฝุ่นอย่างเดียวยังมีลักษณะอ่อนนุ่มจึงใช้ปูนพลาสติกอย่างเดียวในการสร้างพื้นผิวจำลอง



(ก)

(ข)

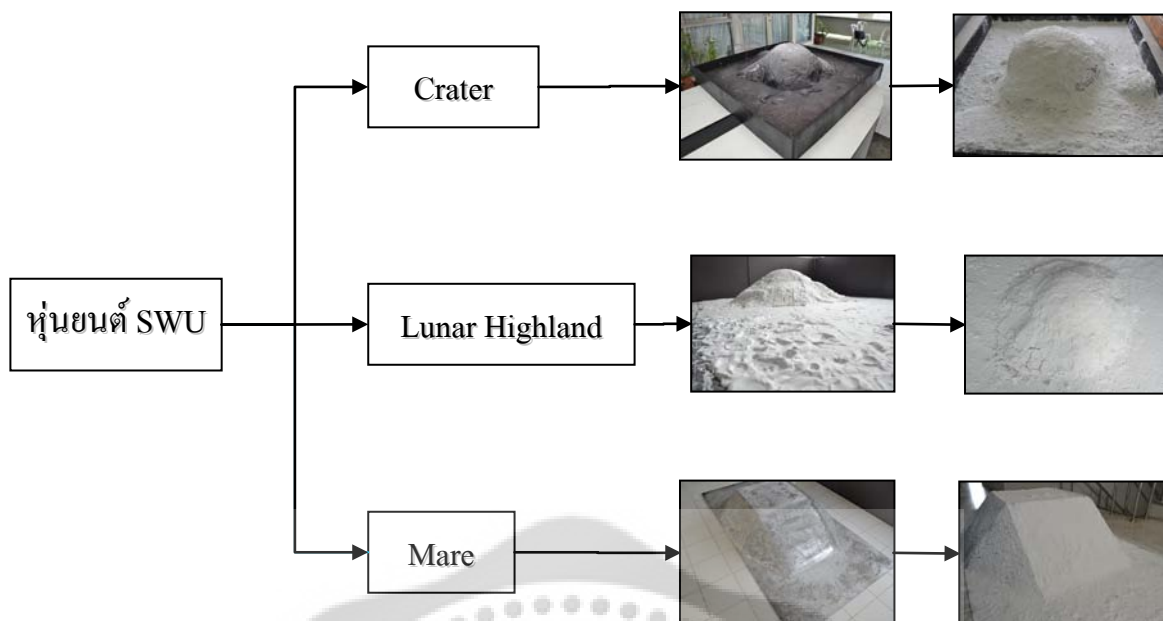
(ค)

ภาพประกอบ 31 แสดงลักษณะพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณพื้นผิวของลูนาร์ไฮแลนด์

(Lunar Highland) เพื่อใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (ก) พื้นผิวขรุขระ

(ข) พื้นผิวลาดชันและเป็นเนิน (ค) พื้นผิวทดสอบมุมด้านบน

การทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา บนพื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายพื้นผิวของดวงจันทร์ ทั้ง 3 แบบ โดยการนำหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU มาทดสอบบนพื้นผิวจำลองทั้ง 3 แบบ เพื่อทดสอบให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นผิวดังกล่าวจากนั้นทำการโรยปูนพลาสติกลงไปบนพื้นผิวทั้ง 3 แบบ ดังกล่าวให้มีความหนาของปูนพลาสติกทั่วทั้งพื้นผิวทดสอบประมาณ 1.5 เซนติเมตร จากนั้นให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นผิวทั้ง 3 แบบ ได้แก่ มาเร (Mare) เครเตอร์ (Crater) และลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar Highland)



ภาพประกอบ 32 แสดงการทดสอบหุ้ยนต์บนพื้นผิวทั้ง 3 แบบ และทดสอบบนพื้นผิวที่มีฝุ่นปกคลุมบนพื้นผิวทั้ง 3 แบบ

## บทที่ 4

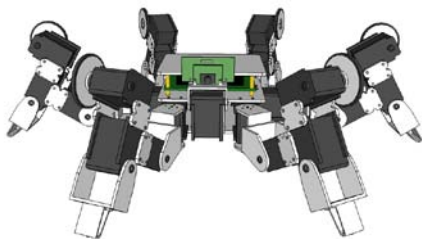
### ผลการทดลองและการวิเคราะห์

#### 1. ผลการทดลอง

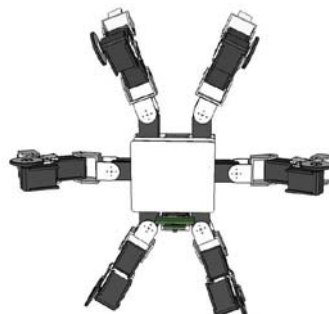
จากการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา โดยไม่คำนึงถึงผลความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของผิวดวงจันทร์และโลกให้มีความสามารถในการเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้เหมาะสม โดยสามารถใช้ขาหรือล้อสำหรับการเคลื่อนที่ การจัดรูปแบบการเคลื่อนที่ การรักษาสภาพสมดุลของหุ่นยนต์ ผลที่ได้จากการออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่มีเสถียรภาพสูงในการเคลื่อนที่ อีกทั้งยังสามารถรักษาสภาพสมดุลของการเคลื่อนที่ทั้งบนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวเอียง พื้นผิวแข็ง พื้นผิวอ่อนและพื้นผิวขรุขระ เพื่อทดสอบบนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์ซึ่งมีด้วยกัน 3 แบบคือ บริเวณที่ 1 มีลักษณะแข็ง ลื่นมันวาว ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับบริเวณของมาเร (Mare) ที่มีลักษณะของพื้นผิวแข็ง ลื่นมันวาว บริเวณที่ 2 มีลักษณะคล้ายกับดินบนโลกและมีหินปนอยู่ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับบริเวณของคราเตอร์ (Crater) ซึ่งเต็มไปด้วยหินบะซอลต์อยู่มากมายเช่นเดียวกัน บริเวณที่ 3 เป็นบริเวณที่มีฝุ่นปกคลุมอยู่เป็นจำนวนมาก โดยบริเวณดังกล่าวเกิดจากฝุ่นจากการพุ่งชนของอุกกาบาตรหรือฝุ่นที่มีอยู่แล้วบนดวงจันทร์ทำให้บริเวณนี้มีฝุ่นอยู่เป็นจำนวนมากคือบริเวณ ลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar highland) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

##### 1.1 การออกแบบและประดิษฐ์หุ่นยนต์ SWU ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งล้อและขา

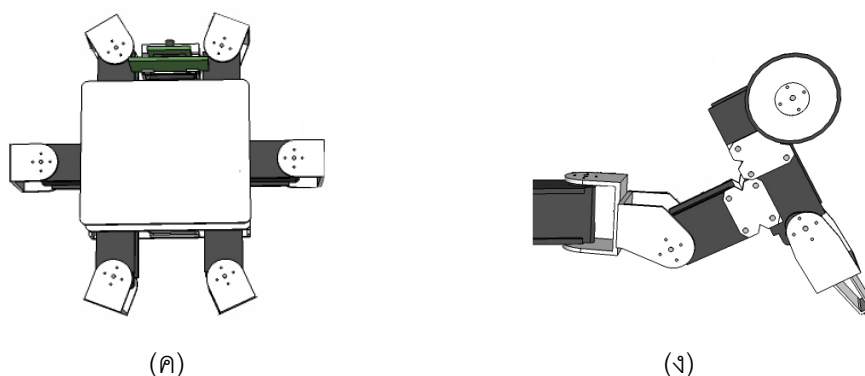
ได้หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา โดยใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก ในการออกแบบโดยกำหนดให้จุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์อยู่ ณ บริเวณตรงกลางของตัวหุ่นยนต์พอดี ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์มีเสถียรภาพเมื่อเคลื่อนที่มากที่สุด



(ก)

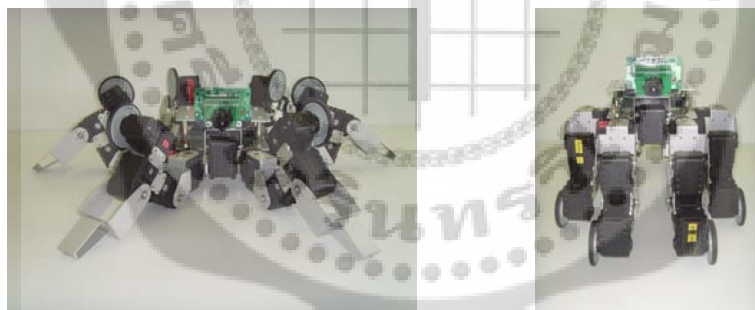


(ข)



ภาพประกอบ 33 แสดงการออกแบบหุ่นยนต์ (ก) จากมุมมองด้านหน้าและ (ข) จากมุมมองด้านบน (ค) ลำตัวของหุ่นยนต์ (ง) ขาหุ่นยนต์ที่ออกแบบเพื่อให้สามารถเลือกใช้ล้อและขาในการเคลื่อนที่

สามารถใช้ล้อและขาในการเคลื่อนที่ไปยังพื้นผิวต่างๆ เมื่อหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่อยู่บนพื้นผิวราบอุปกรณ์รับรู้ของหุ่นยนต์ SWU จะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ตัวของหุ่นยนต์จากนั้นจะทำการประมวลผลเพื่อเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับรูปแบบของการเคลื่อนที่ เช่น การเคลื่อนที่บนพื้นราบ พื้นเอียง ตลอดจนการพลิกคว่ำของหุ่นยนต์ เพื่อให้สามารถเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่และปฏิบัติภารกิจต่างๆ บนพื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายกับพื้นผิวของดวงจันทร์

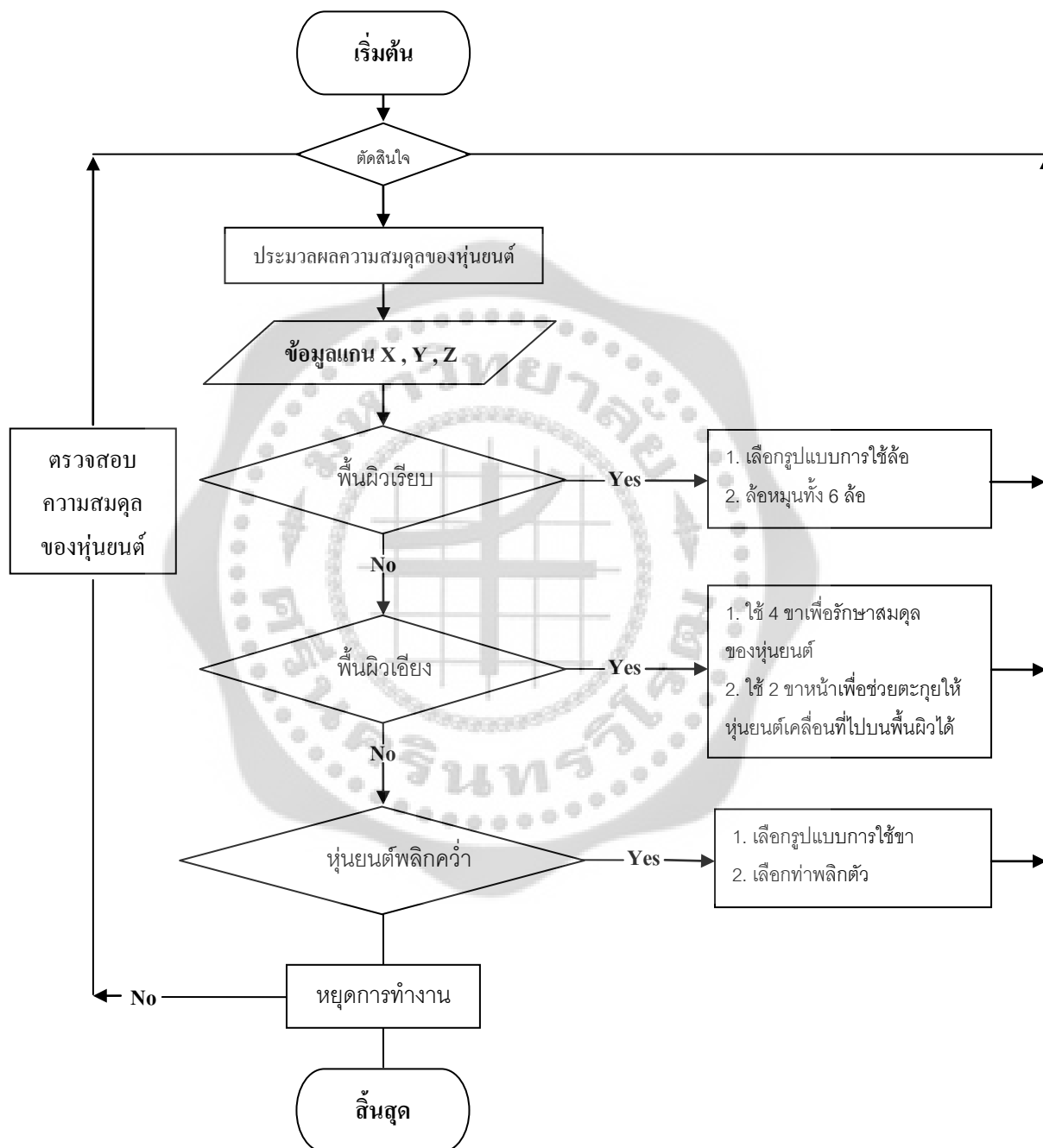


ภาพประกอบ 34 แสดงหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ที่สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์โดยไม่คำนึงถึงแรงโน้มถ่วงและคุณสมบัติของดวงจันทร์

## 1.2 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบหุ่นยนต์

การควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128 เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ที่ใช้เป็นข้อต่อของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในสภาวะพื้นผิวจำลองแบบต่างๆ โดยมีอินพุตและเอาต์พุตสำหรับรับและส่งข้อมูล 64 บิต มีขีดความสามารถสูงและมีหน่วยความจำโปรแกรม 128 กิโลไบต์ แรม (RAM) 4 กิโลไบต์ และอีอีพีรอม (EEP ROM) 4 กิโลไบต์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลของ

หุ่นยนต์ได้เป็นจำนวนมากอีกทั้งยังสามารถประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว และ ควบคุมการทำงานของ อุปกรณ์รับรู้ (sensor) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ ADXL 335 เพื่อใช้ตรวจสอบความเอียงของหุ่นยนต์ในการ รักษาสภาพสมดุลและสภาพปัจจุบันของหุ่นยนต์ อยู่ในสภาวะใดโดยสามารถแบบการควบคุมและ สามารถเขียน Flowchart ได้ดังนี้

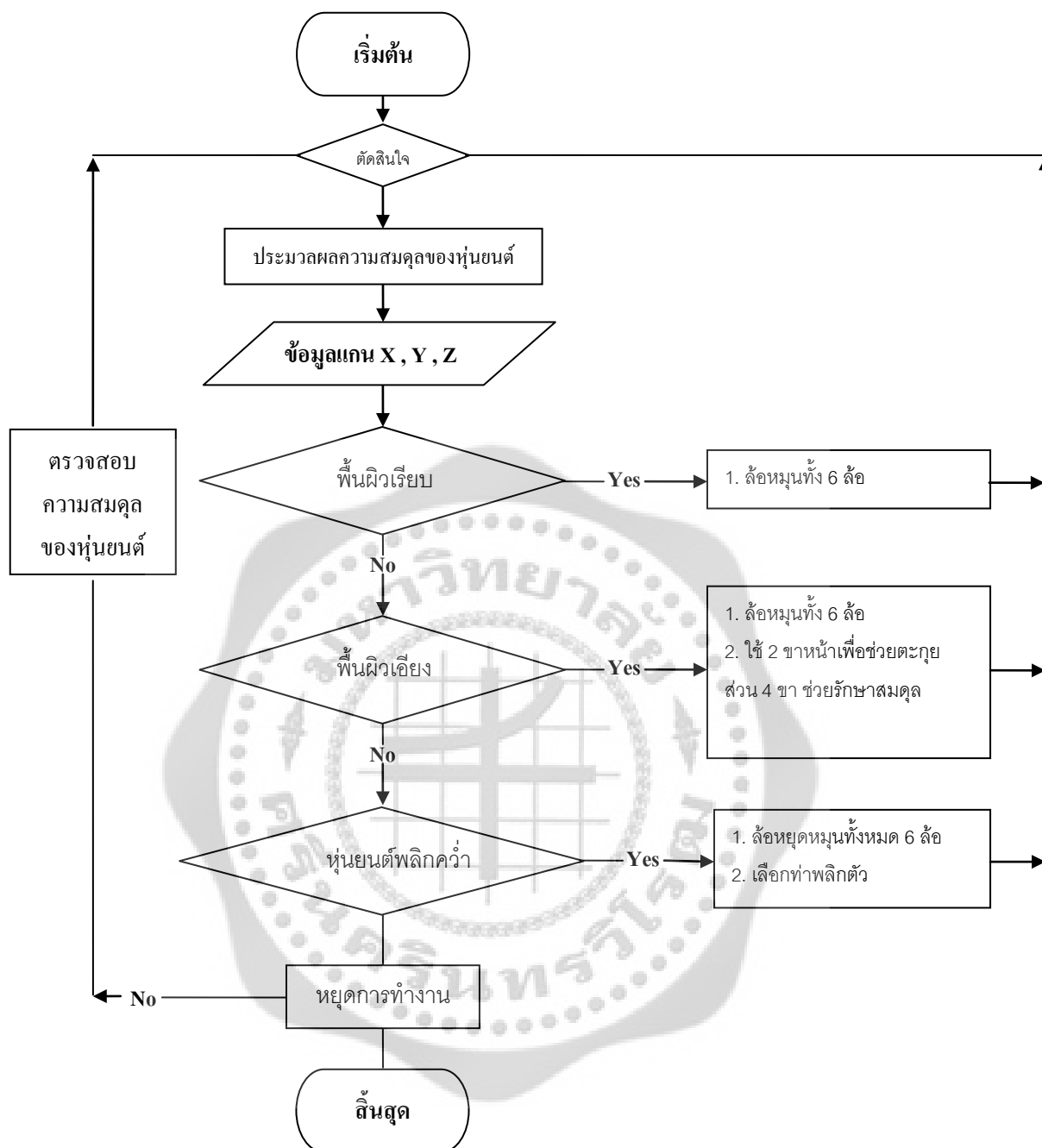


ภาพประกอบ 35 แสดงระบบการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

อีกทั้งยังสามารถแบ่งการควบคุมออกเป็นส่วนๆ ได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

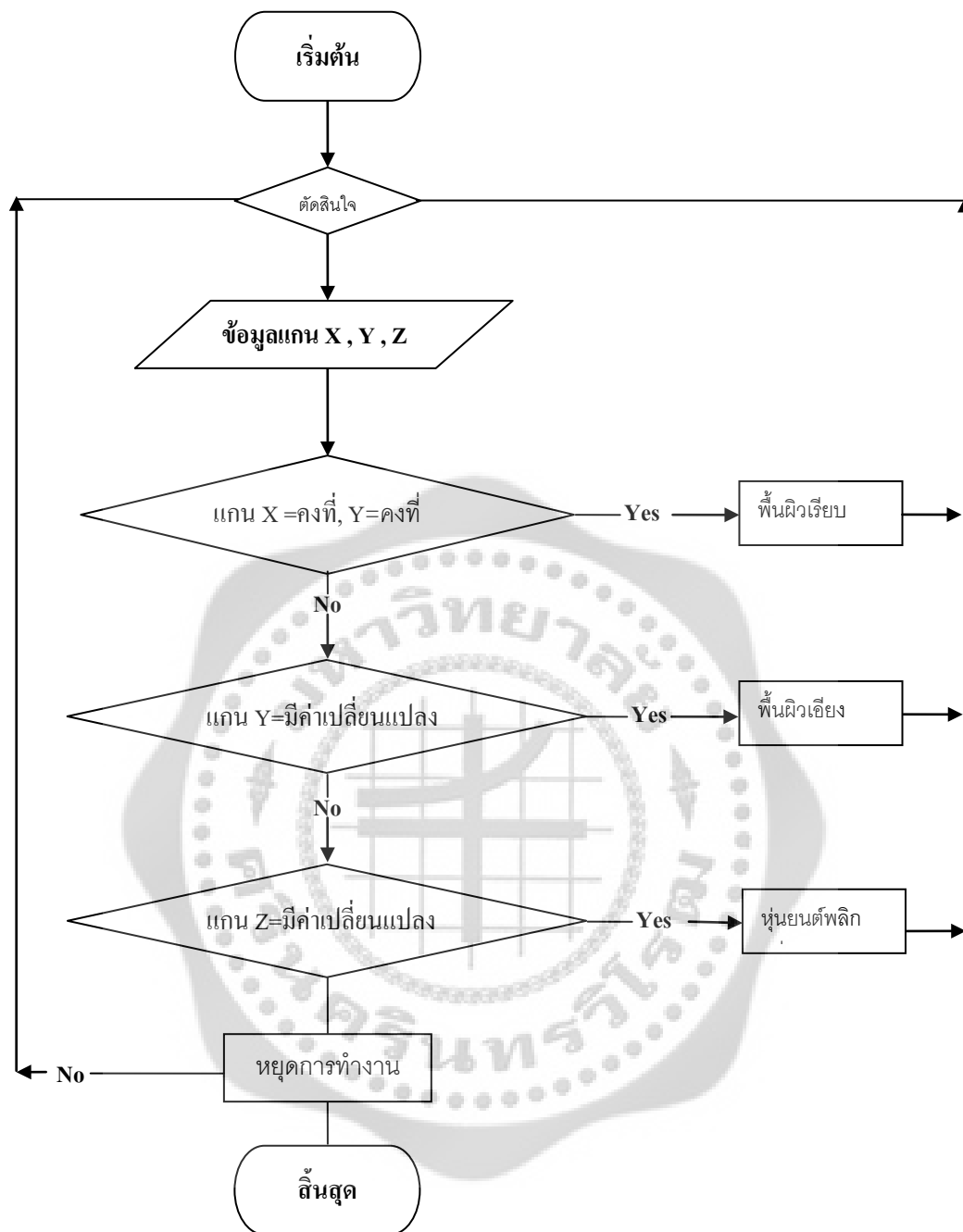
1.2.1 การควบคุมท่าทางของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ที่ใช้ในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองชนิดต่างๆ โดยการให้หุ่นยนต์ได้เรียนรู้ท่าทางการเคลื่อนที่มีลักษณะคล้ายแมงมุมซึ่งใช้หลักการรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ดังแสดงในภาพประกอบที่ 18 ในบทที่ 2 แต่จะแตกต่างกันตรงที่หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU จะใช้ 4 ขาเพื่อประคองให้จุดศูนย์กลางมวล (CG) ไม่หลุดออกจากรฐานทุกขณะเมื่อมีการเคลื่อนที่และให้ขาหน้า 2 ขาทำหน้าที่ปีนหรือเกี่ยวเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้ ซึ่งมีรายละเอียดของท่าดังต่อไปนี้ ท่าเตรียมความพร้อมการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่ไปข้างหลัง การเคลื่อนที่ไปข้างหลังอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่โดยการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวซ้ายอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่โดยการเลี้ยวขวา เลี้ยวขวาอย่างรวดเร็ว (ดูที่ภาคผนวก ข)

1.2.2 การควบคุมท่าทางของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ที่ใช้ล้อในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองชนิดต่างๆ เมื่อใดที่อุปกรณ์รับรู้ (sensor) มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเกิดขึ้นโดยหุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่อยู่บนพื้นผิวเรียบก็จะใช้ล้อในการเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวเรียบเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในการเคลื่อนที่ โดยหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU จะต้องเปลี่ยนการใช้ขามาเป็นการเลือกใช้ล้อจึงจะสามารถเลือกใช้การเคลื่อนที่แบบล้อ (ดูที่ภาคผนวก ข)



ภาพประกอบ 36 แสดงการควบคุมการหมุนและหยุดล้อของหุ่นยนต์

1.2.3 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับรู้ (sensor) ซึ่งภายในอุปกรณ์รับรู้ที่ใช้ ADXL335 มีแผ่นโพลีซิลิกอน (polysilicon) เรียงซ้อนกันอยู่ 3 ชั้น เมื่อแผ่นของโพลีซิลิกอนถูกบีบตัวเข้าใกล้กันก็จะทำให้ระยะห่างของแผ่นโพลีซิลิกอนทั้ง 3 แผ่น มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุและความสัมพันธ์ตามสมการที่ 1 และ 2 ในบทที่ 2 ทำให้สามารถนำค่าข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

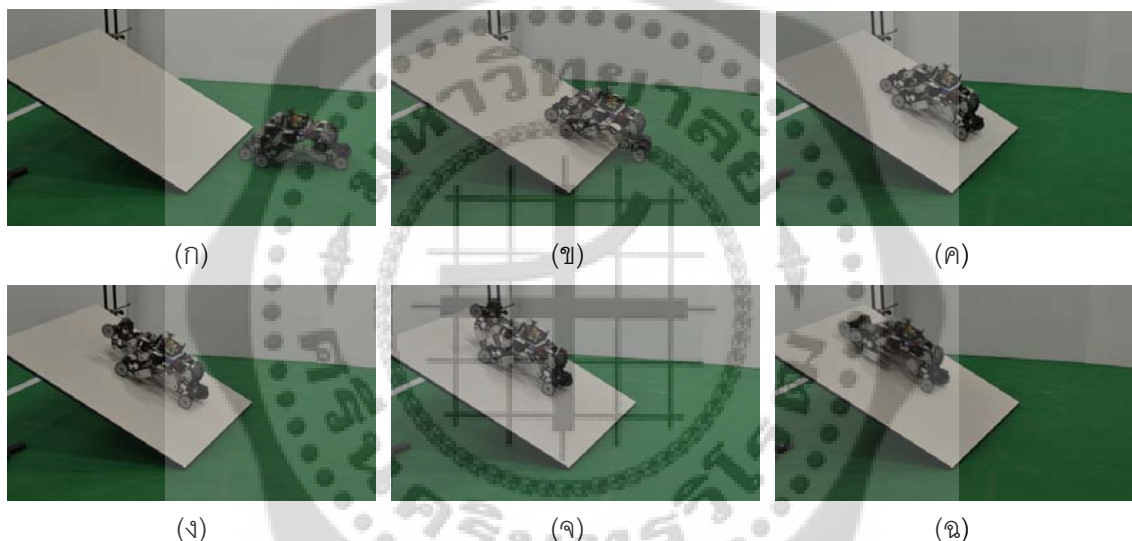


ภาพประกอบ 37 แสดงการประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ (sensor)



### 1.3 การทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นเอียงและพื้นราบ

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU นั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นเอียงและพื้นราบเพื่อทดสอบระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์และระบบการรักษาสมดุลของหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียงและพื้นราบ อีกทั้งยังสามารถทดสอบการใช้ล้อและขาของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวต่างๆ ซึ่งพื้นเอียงที่หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้สูงสุดมีค่าความชันเท่ากับ 34.60 องศา แต่ถ้าความชันของพื้นผิวที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปมีค่ามากกว่า 34.60 องศา หุ่นยนต์จะใช้ขาที่อยู่ด้านหน้าจำนวน 2 ขา ใช้ในการตะกุกเพื่อให้นักหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวที่มีความลาดชันและใช้ขาให้การพลิกตัวของหุ่นยนต์เมื่อพลิกคว่ำโดยใช้ขาทั้ง 6 ขาในการพลิกตัวให้สามารถกลับมาอยู่ในสภาวะปกติ



ภาพประกอบ 38 แสดงหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นเอียง (ก)(ข)(ค) ใช้ล้อเคลื่อนที่ขึ้นไปบนพื้นเอียงโดยใช้ล้อ (ง)(จ)(ฉ) หุ่นยนต์ใช้ขาหน้า 2 ขา ช่วยตะกุกเพื่อให้นักหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นไปบนพื้นเอียงได้

## 1.4 ทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลอง

### 1.4.1 การทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายพื้นผิว

ดวงจันทร์บริเวณ มาเร (Mare)



(ก)



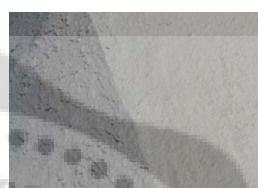
(ง)



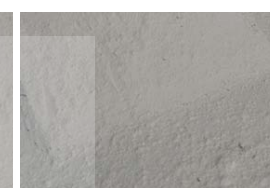
(ข)



(ค)



(จ)



(ฉ)

ภาพประกอบ 39 แสดงการจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์แบบมาเร (Mare) (ก) พื้นผิวจำลองใช้ไม้และ  
ซีเมนต์ (ข) พื้นเอียงและพื้นด้านบน (ค) พื้นราบและพื้นเอียงที่มีลักษณะมันวาว (ง) แสดงพื้นผิว  
ดวงจันทร์แบบมาเร (Mare) ที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร (จ) พื้นผิวเอียงและ  
พื้นผิวด้านบน (ฉ) พื้นราบและพื้นเอียง โดยหุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าว



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 40 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์  
แบบมาเร (Mare) (ก) แบบไม่มีฝุ่นหนาปกคลุม (ข) แบบมีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ  
1.5 เซนติเมตร

โดยหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าวได้ ซึ่งหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายมาเร (Mare) ได้ทั้งเมื่อพื้นผิวจำลองไม่มีฝุ่นและมีฝุ่นปกคลุม เพราะลักษณะพื้นผิวของแบบจำลองมีลักษณะแข็งและเหมาะสมกับการปีนป่ายของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

ตาราง 3 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายมาเร (Mare) แบบไม่มีฝุ่นและมีฝุ่นปกคลุมพื้นผิว

พื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายมาเร	แบบไม่มีฝุ่น	แบบมีฝุ่น
เวลา (วินาที)	20 วินาที	26 วินาที

1.4.2 การทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายพื้นผิวดวงจันทร์บริเวณ เครเตอร์ (Crater)



(ก)



(ง)



(ข)



(ค)



(จ)



(ฉ)

ภาพประกอบ 41 แสดงการจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์แบบเครเตอร์ (Crater) (ก) ภาพพื้นผิวทดสอบที่สร้างจากหินและปูนปลาสเตอร์เพื่อให้มีลักษณะคล้ายพื้นผิวดวงจันทร์แบบเครเตอร์ (Crater) (ข) เนินและพื้นเอียงทดสอบ (ค) พื้นผิวราบที่มีหินและดิน (ง) พื้นผิวที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร (จ) บริเวณพื้นเอียง (ฉ) บริเวณพื้นเอียงและพื้นราบ โดยหุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าว



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 42 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์แบบครีเตอร์ (Crater) (ก) แบบไม่มีฝุ่นหนาปกคลุม (ข) แบบที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร โดยหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าวได้

โดยหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าวได้ ซึ่งหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายครีเตอร์ (Crater) ได้ทั้งเมื่อพื้นผิวจำลองไม่มีฝุ่นและมีฝุ่นปกคลุม เพราะลักษณะพื้นผิวของแบบจำลองมีลักษณะแข็งและเหมาะสมกับการปีนป่ายของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

ตาราง 4 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายครีเตอร์ (Crater) แบบไม่มีฝุ่น และมีฝุ่นปกคลุมพื้นผิว

พื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายครีเตอร์	แบบไม่มีฝุ่น	แบบมีฝุ่น
เวลา (วินาที)	23 วินาที	27 วินาที

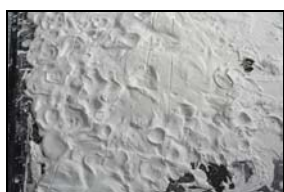
1.4.3 การทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายพื้นผิวดวงจันทร์บริเวณ ลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar highland)



(ก)



(ข)



(ง)



(ค)

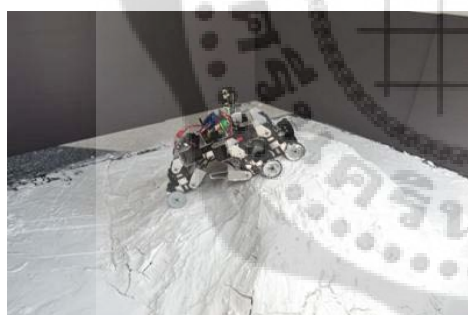


(จ)

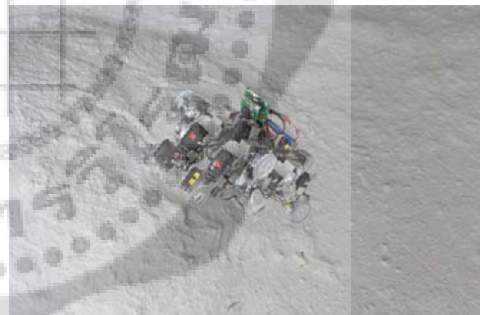


(ฉ)

ภาพประกอบ 43 แสดงการจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์แบบลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar Highland) (ก) พื้นผิวจำลองที่สร้างจากปูนปลาสเตอร์เป็นส่วนใหญ่ (ข) พื้นราบ (ค) พื้นเอียงและพื้นราบ (ง) พื้นผิวที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร (จ) พื้นเอียง (ฉ) พื้นเอียงและพื้นราบ โดยหุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าว



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 44 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์แบบลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar Highland) (ก) พื้นผิวที่ไม่มีฝุ่น (ข) พื้นผิวที่มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร โดยหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าวได้



โดยหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวดังกล่าวได้ ซึ่งหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวจาลองที่มีลักษณะคล้ายลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar highland) ได้ทั้งเมื่อพื้นผิวจาลองไม่มีฝุ่นและมีฝุ่นปกคลุม เพราะลักษณะพื้นผิวของแบบจำลองมีลักษณะแข็งและเหมาะสมกับการปีนป่ายของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

ตาราง 5 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar highland) แบบไม่มีฝุ่นและมีฝุ่นปกคลุมพื้นผิว

พื้นผิวจาลองที่มีลักษณะคล้ายลูนาไรไฮแลนด์	แบบไม่มีฝุ่น	แบบมีฝุ่น
เวลา (วินาที)	34 วินาที	39 วินาที

ตาราง 6 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวทั้ง 3 แบบ

พื้นผิวจาลอง	ไม่มีฝุ่น	มีฝุ่น
มาเร (Mare)	20 วินาที	26 วินาที
เครเตอร์ (Crater)	23 วินาที	27 วินาที
ลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar highland)	34 วินาที	39 วินาที

## 2. การวิเคราะห์

จากการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา มีความสามารถในการเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้เหมาะสม โดยสามารถใช้ขาและล้อในการเคลื่อนที่และการจัดรูปแบบการเคลื่อนที่ โดยการรักษาสภาพสมดุลของหุ่นยนต์และไม่คำนึงถึงแรงโน้มถ่วงและคุณสมบัติของดวงจันทร์ ผลที่ได้จากการออกแบบและสร้าง หุ่นยนต์มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งสามารถรักษาสภาพสมดุลของการเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวเอียง พื้นผิวแข็ง พื้นผิวอ่อนและพื้นผิวขรุขระ คาดว่าใช้เป็นหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการสำรวจผิวของดวงจันทร์ที่มีฝุ่นละเอียดรบกวนกับแป้งและหนา ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบบนพื้นผิวที่มีฝุ่นหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร ซึ่งหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ดีบริเวณพื้นผิวจาลองที่มีลักษณะคล้ายกับบริเวณมาเร (Mare) เนื่องจากเป็นพื้นผิวที่มีลักษณะแข็งกว่าบริเวณจาลองทั้ง 2 แบบทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ดีกว่า เมื่อทดสอบบนพื้นผิวจาลองที่มีฝุ่นหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร ส่วนบริเวณที่มีลักษณะคล้ายเครเตอร์ (Crater) และลูนาไรไฮแลนด์ (Lunar Highland) มีลักษณะพื้นผิวจาลองที่มีส่วนผสมของหินและปูนพลาสเตอร์ทำให้พื้นผิวจาลองมีความ

แข็งน้อยกว่าบริเวณมาเร (Mare) ซึ่งสามารถสังเกตได้จากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่โดยใช้เวลาน้อยกว่าบริเวณพื้นผิวทั้ง 2 แบบ ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นผิวดังกล่าวเป็นไปด้วยความยากลำบากแต่ก็สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ ดังนั้นหากต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ดีบริเวณพื้นผิวจำลองดังกล่าวต้องทำการปรับปรุงรูปแบบของหุ่นยนต์ให้มีลักษณะของขาที่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองที่มีลักษณะอ่อนและนุ่ม หุ่นยนต์จึงจะสามารถเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวจำลองดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น



## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 1. สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา โดยได้รับแนวคิดมาจากหุ่นยนต์ แอทลิตของนาซามี 6 ขาและ 6 ล้อ เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายแมงมุม ซึ่งหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU มีความสามารถเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ได้เหมาะสม โดยใช้ขาและล้อสำหรับการเคลื่อนที่และการจัดรูปแบบการเคลื่อนที่แบบซับซ้อน จึงเป็นตัวอย่างการพัฒนาไปสู่แนวคิดการใช้ขาและล้อในการเคลื่อนที่และการรักษาสมดุลของหุ่นยนต์เพื่อใช้เป็นหุ่นยนต์ในการสำรวจพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายพื้นผิวดวงจันทร์ โดยไม่คำนึงถึงผลของความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์กับโลก ผลที่ได้จากการออกแบบหุ่นยนต์สามารถรักษาสภาพสมดุลของการเคลื่อนที่และมีเสถียรภาพสูงในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวเอียง พื้นผิวแข็ง พื้นผิวอ่อนและพื้นผิวขรุขระ สามารถใช้เป็นหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการสำรวจผิวของดวงจันทร์ที่มีฝุ่นละเอียดราวกับแป้งและหนา โดยมีลำดับการปฏิบัติภารกิจดังนี้

จากการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU บนพื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายกับพื้นผิวของดวงจันทร์ทั้ง 3 แบบ ได้แก่บริเวณพื้นผิวแบบมาเร (Mare) แบบครีเตอร์ (Crater) และ ลูนารีไฮแลนด์ (Lunar highland) นอกจากจะได้หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งล้อและขาทั้ง 6 ขา แล้วหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวเอียง พื้นผิวขรุขระ ลื่นและมันวาว การเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองทั้ง 3 แบบ มีฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร โดยพื้นผิวเอียงที่หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้มีค่าเท่ากับ 34.60 องศา ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่า

1.1 หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ได้แนวความคิดมาจากหุ่นยนต์ แอทลิตของนาซา ที่สามารถเคลื่อนที่โดยการใช้ขาทั้ง 6 ขาในการเคลื่อนที่โดยที่แต่ละขานั้นจะมีล้อติดอยู่ที่ปลายขาทั้ง 6 ขา ใช้ในการเคลื่อนที่และมีขนาดใหญ่เพื่อใช้สำหรับขนย้ายสิ่งของตลอดจนมนุษย์และสิ่งมีชีวิต ในการดำรงชีวิตอยู่บนดวงจันทร์หรือดาวเคราะห์ต่างๆ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวความคิดดังกล่าวมาประยุกต์ในการสร้างหุ่นยนต์ให้มีขนาดเล็กและใช้ทั้งล้อและขาในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวดวงจันทร์โดยไม่คำนึงถึงผลของความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์กับโลก ทำให้สามารถประดิษฐ์หุ่นยนต์ที่มีลักษณะในการใช้ล้อและขาทั้ง 6 ขา และมีขนาดเล็กกว่าหุ่นยนต์แอทลิตของนาซาถึง 10 เท่า ทั้งยังสามารถรักษาสภาพสมดุลของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่โดยใช้ 4 ขาเพื่อรักษาสมดุลและใช้ 2 ขาเพื่อช่วยในการปีนป่ายบนพื้นผิวทดสอบ



1.2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์ทั้ง 3 แบบ สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองแบบมาเร (Mare) ได้ดีกว่าการเคลื่อนที่บนพื้นผิวแบบเครเตอร์ (Crater) และ ลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar highland) เนื่องจากเป็นพื้นผิวที่มีลักษณะแข็งกว่าบริเวณจำลองทั้ง 2 แบบทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ดีกว่า เมื่อทดสอบบนพื้นผิวจำลองที่มีฝุ่นหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร หุ่นยนต์ก็ยังสามารถเคลื่อนที่ได้เช่นเดียวกัน

1.3 บริเวณพื้นผิวจำลองที่มีลักษณะคล้ายพื้นผิวดวงจันทร์ แบบเครเตอร์ (Crater) และ ลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar highland) หุ่นยนต์ใช้เวลาในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวทั้ง 2 แบบนานกว่าพื้นผิวจำลองแบบมาเร (Mare) ทั้งหุ่นยนต์ยังเกิดความเสียหายจากการเคลื่อนที่บนพื้นผิวดังกล่าว โดยพื้นผิวทั้ง 2 แบบ มีส่วนประกอบหินและวัสดุคล้ายดิน



ภาพประกอบ 45 ภาพแสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU (ก) เคลื่อนที่อยู่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์แบบเครเตอร์ (Crater) (ข) เคลื่อนที่บนฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร (ค) เคลื่อนที่อยู่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์แบบลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar highland) (ง) เคลื่อนที่บนฝุ่นหนาปกคลุมประมาณ 1.5 เซนติเมตร

1.4 เพื่อให้หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์บริเวณเครเตอร์ (Crater) และลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar highland) จากผลการทดลองหุ่นยนต์ใช้เวลานานในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวดังกล่าวและหุ่นยนต์เกิดการชำรุดขึ้นจึงต้องทำการปรับปรุงดังนี้

1.4.1 รูปแบบของตัวหุ่นยนต์และโครงสร้างวัสดุ ลำตัวของหุ่นยนต์ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเพื่อรองรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และแหล่งจ่ายพลังงานให้กับหุ่นยนต์ดังนั้นจึงมีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตรและยาว 10 เซนติเมตร ส่วนความสูง 15 เซนติเมตร ลำตัวของหุ่นยนต์ยังไม่เหมาะสมกับการรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ เนื่องจากมีขา 6 ขาทำให้หุ่นยนต์สามารถรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ได้ ส่วนโครงสร้างวัสดุที่ได้เลือกใช้เป็นอลูมิเนียมใช้ในการทำเป็นชิ้นส่วนของตัวหุ่นยนต์และข้อต่อต่างๆ ของหุ่นยนต์ที่ยึดกับเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน พับตัดได้ง่ายแต่ยังมีปัญหาเรื่องน้ำหนักวัสดุทำให้เป็นอุปสรรคต่อน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์

1.4.2 ทอริกของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ทอริกล์พธ์ของขาแต่ละขา เซอร์โวมอเตอร์ของ แต่ละขามี 3 ตัวและมีอีก 1 ตัวทำหน้าที่เป็นล้อและเมื่อนำทั้ง 6 ขามาต่อรวมกันกับตัวหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU จะมีเซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมด 24 ตัว ซึ่งทอริกของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากัน เมื่อนำมา ทำงานพร้อมๆ กัน จะทำให้ทอริกล์พธ์ของแต่ละขาไม่เท่ากันด้วยทำเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของ หุ่นยนต์จึงควรมีการปรับปรุงเช่นเดียวกัน

1.4.3 รูปแบบของปลายขาและล้อตลอดจนท่าเดินของหุ่นยนต์ ปลายขาของหุ่นยนต์ ต้นแบบ SWU ออกแบบมาเพื่อใช้ในการปีนป่าย ซึ่งสามารถใช้ในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวจำลองของดวง จันทร์บริเวณมาเร (Mare) ที่มีลักษณะของพื้นผิวแข็ง ส่วนล้อต้องมีการปรับปรุงให้มีขนาดหน้ายางและ ดอกยางของล้อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ให้มากยิ่งขึ้น ล้อและยางก็ต้องออกแบบให้เป็นชิ้น เดียวกันมากกว่าเป็น 2 ชิ้น แบบที่ใช้ในการทดลองเพราะจะหลุดออกได้โดยง่าย ทั้งท่าเดินของหุ่นยนต์ ก็ต้องทำการปรับปรุงให้มีความหลากหลายในการแก้ปัญหาบนพื้นผิวที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป

## 2. อภิปรายผล

2.1 นักวิทยาศาสตร์มีความพยายามอย่างยิ่งยวดในการแสวงหาอาณานิคมแห่งใหม่ที่ไม่ใช่ โลกเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยแห่งใหม่หรือบ้านหลังที่ 2 ของมวลมนุษยชาติ จึงได้ตรวจสอบดาวเคราะห์ต่างๆ ข้อมูลต่างๆ ขึ้นพื้นฐานเพื่อให้นักวิทยาศาสตร์ได้เลือกที่อยู่อาศัยและปลอดภัยจากอันตรายทั้งปวง อาทิเช่น รังสีคอสมิก อากาศ ตลอดจนน้ำและอาหาร จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการส่งหุ่นยนต์เพื่อไปสำรวจยังดวงดาว ต่างๆ ที่นอกเหนือจากโลก โดยการส่งหุ่นยนต์สำรวจไปยังดวงจันทร์ ดาวอังคารและดาวเคราะห์อื่นๆ ล้วนแล้วแต่ประสบกับปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่ การขนส่ง การก่อสร้าง การติดต่อสื่อสาร ตลอดจนการ คมนาคมที่เป็นไปด้วยความยากลำบาก จึงมีนักวิทยาศาสตร์ได้ออกแบบหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่บน พื้นผิวแบบต่างๆ ทั้งพื้นราบ พื้นเอียง พื้นที่มีขรุขระ บริเวณที่มีฝุ่นปกคลุมหนาแน่น และสามารถทำงาน แทนมนุษย์ได้ จึงมีการสร้างหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายแมงมุมคือ มี 6 ขา ช่วยในการรักษาสมดุลของ หุ่นยนต์ไม่ให้ล้มง่าย ส่วนปลายขาก็มีล้อเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวเรียบเพื่อช่วยประหยัด พลังงาน เช่น หุ่นยนต์สำรวจ 6 ขา ที่มีชื่อว่า แอทลิตพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการเจท โพรพิวชัน (Jet Propulsion) สามารถใช้ขาและล้อในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวแบบต่างๆ ด้วยความสัมพันธ์ระหว่าง ขาและล้อแต่มีขนาดใหญ่และหนัก จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจขนาดเล็ก 2 ตัว เพื่อ ช่วยกันในการเก็บรวบรวมข้อมูล การช่วยเหลือหุ่นยนต์อีกตัวเมื่อมีปัญหาขัดข้อง จึงได้มีการพัฒนา หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ที่มีขนาดเล็กในการใช้ขา 6 ขาและล้อ 6 ล้อในการเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวเรียบ โดยการใช้อ้อเพื่อประหยัดพลังงาน ส่วนการใช้ขาจะใช้เมื่อมีการเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียงที่ต้องใช้ขาช่วย

ในการปีนขึ้นไปยังที่สูง อีกทั้งมีขนาดเล็กเหมาะกับการใช้เป็นหุ่นยนต์สำรวจเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไปในอนาคตได้

2.2 สำหรับการวิจัยของหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU นอกจากจะใช้ทดสอบบนสภาวะจำลองที่มีลักษณะคล้ายกับพื้นผิวดวงจันทร์ บริเวณมาเร (Mare) เครเตอร์ (Crater) และลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar highland) โดยไม่คำนึงถึงผลความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์กับโลก แล้วหุ่นยนต์ยังอาจจะนำไปประยุกต์ใช้ในสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเหตุความไม่สงบของ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของไทย โดยได้รับคำแนะนำจากโจทย์ปัญหาครั้งนี้จากท่าน นาวาเอกอนุสรณ์ ยังคุ่มญาติ ในการคิดวิธีการช่วยเหลือทหารที่ปฏิบัติภารกิจอยู่ที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยการปล่อยให้หุ่นยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์รับรู้ (Sensor) ตรวจจับความเคลื่อนไหวให้เคลื่อนที่อยู่รอบๆ ค่ายทหารหรือทหารที่ไปปฏิบัติภารกิจนอกค่ายเมื่อมีสิ่งมีชีวิตหรือผู้ต้องสงสัยเข้ามาใกล้หุ่นยนต์ก็จะส่งสัญญาณเตือนให้ระวัง เท่านั้นที่ลดความสูญเสียของผู้ปฏิบัติภารกิจ ณ 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทยได้

### 3. ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU ที่มีเสถียรภาพสูงในการเคลื่อนที่ ทั้งยังสามารถรักษาสมดุลของการเคลื่อนที่ทั้งบนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวเอียง พื้นผิวแข็ง พื้นผิวนุ่มและพื้นผิวขรุขระสามารถใช้เป็นหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการสำรวจผิวของดวงจันทร์ที่มีฝุ่นละเอียดราวกับแป้ง และหนาซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการขึ้นไปปฏิบัติภารกิจบนพื้นผิวดวงจันทร์ไม่ว่าจะเป็นชุดของนักบินอวกาศ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้เกิดความเสียหาย ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบบนพื้นผิวที่มีฝุ่นหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถปฏิบัติภารกิจได้สมบรูณ์มากยิ่งขึ้นจึงควรมีการปรับปรุงดังต่อไปนี้

3.1 รูปแบบของตัวหุ่นยนต์และโครงสร้างวัสดุ ลำตัวของหุ่นยนต์ควรมีการปรับปรุงให้เหมาะสมกับการรับน้ำหนักของขาทั้ง 6 ขา การคำนวณหาขนาดของลำตัวที่เหมาะสมต่อการรับน้ำหนักของขาและโครงสร้างที่ใช้ต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความทนทาน และมีน้ำหนักเบา

3.2 ทอริกของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ทอริกัลฟ์ของขาแต่ละขา ควรเลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์ที่มีทอริกเท่ากันหรือมีวิธีการทดสอบหาทอริกและคำนวณหาแรงลัพท์ของทอริกแต่ละขาก่อนที่จะนำมาประกอบกันเป็นตัวหุ่นยนต์

3.3 รูปแบบของปลายขาและล้อร่วมทั้งท่าเดินของหุ่นยนต์ การออกแบบปลายขาของหุ่นยนต์สามารถใช้ในการเคลื่อนที่บริเวณพื้นผิวจำลองของดวงจันทร์แบบ มาเร (Mare) ที่มีลักษณะของพื้นผิวแข็ง แต่ควรปรับปรุงให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่บนพื้นผิวแบบเครเตอร์ (Crater) และลูนาร์ไฮแลนด์ (Lunar highland) มีหินและวัสดุคล้ายดินเป็นส่วนประกอบจึงควรมีการพัฒนาส่วนของปลาย

ขาให้สามารถเคลื่อนที่บริเวณพื้นผิวดังกล่าว รวมทั้งล้อก็ต้องมีการขยายขนาดหน้าตัดของยางให้มีพื้นที่เพื่อเพิ่มความเสียดทานและเป็นขั้วเดียวกัน การพัฒนาท่าทางการเดินของหุ่นยนต์ต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับการปฏิบัติภารกิจมากยิ่งขึ้น





บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- ณัฐคนัย ตันตวิรุฬห์. (2542). *การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์เดินบนระนาบแบบขนาน*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ถวิดา มณีวรรณ. (2546). *หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแนวตั้ง*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาการหุ่นยนต์ และระบบควบคุมอัตโนมัติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- พิรณัฐ วิรุณหะ. (2551). *การหาโมเดลทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์ที่ระเบิดโดยวิธีการของ ดินาวิท-ฮาร์ทเทนเบอร์ก*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วิญ ฐุใจปการ. (2547). *เอกภพ เพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของจักรวาล*. หน้า 77-165. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- วีระศักดิ์ ภัยวิเชียร; และคณะ. (2540). *กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคพลศาสตร์*. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- สถาพร สักขณะเจริญ. (2548). *วิศวกรรมหุ่นยนต์*. หน้า 31-55. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)
- สมคิด สุทธิทรัพย์. (2548). *การพัฒนาการเคลื่อนที่และการรวมตัวกันของหุ่นยนต์ล้อ-แขน*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาการหุ่นยนต์และระบบควบคุมอัตโนมัติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- Campbell, D.; & Buehler, M. *Preliminary bounding experiments in a dynamic hexapod*. pp. 612-621. Retrieved June 11, 2009. from <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA438807>
- Chacin M.; & Yoshida K. (2005) *Multi-Limbed Rover for Asteroid Surface Exploration Using Static Locomotion*. pp. 1-8. Retrieved September 12, 2009. from <http://robotics.estec.esa.int/i-SAIRAS>
- Dynamixel. (2006) *User's Manual Dynamixel AX-12*. Closer to Real Robotis. pp. 1-38. Retrieved April 17, 2008. from [http://www.robotis.com/xe/dynamixel\\_en](http://www.robotis.com/xe/dynamixel_en)
- Ristic, Lj.; et al. (1992) *Solid-State Sensor and Actuator Workshop*. pp. 118-121. Retrieved April 24, 2009. from [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=228311&abstractAccess=no&userType=inst](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=228311&abstractAccess=no&userType=inst)

Wilcox. B. H.; et al. (2007) *ATHLETE: A cargo handling and manipulation robot for the moon*. pp. 421-434. Retrieved April24,2009.

from [http://www-robotics.jpl.nasa.gov/publications/Todd\\_Litwin/athlete-jfr-2007.pdf](http://www-robotics.jpl.nasa.gov/publications/Todd_Litwin/athlete-jfr-2007.pdf)



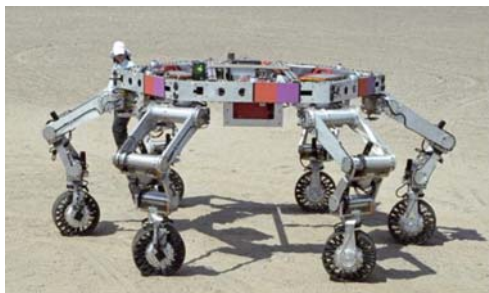


ภาคผนวก





ภาคผนวก ก  
ประมวลภาพการเปรียบเทียบ  
หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU กับ แอثلีท (ATHLETE)

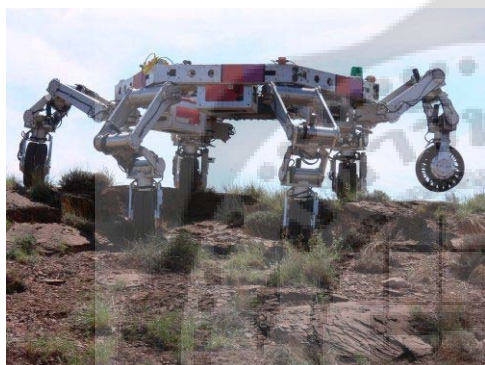


(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 1 (ก) หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (ข) เปรียบเทียบกับหุ่นยนต์ SWU Hex-Limbed Lunar Robot ซึ่งมีขนาด 30x30x15 เซนติเมตร หุ่นยนต์ทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันถึง 10 เท่า



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 2 (ก) หุ่นยนต์ ATHLETE ใช้ในการสำรวจ (ข) หุ่นยนต์ ATHLETE ใช้ในการขนส่ง

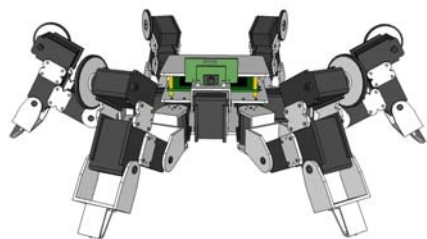


(ก)

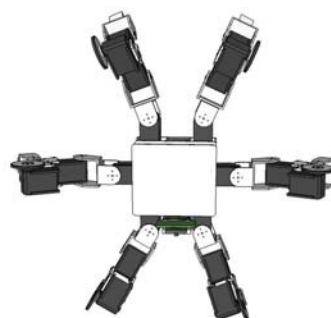


(ข)

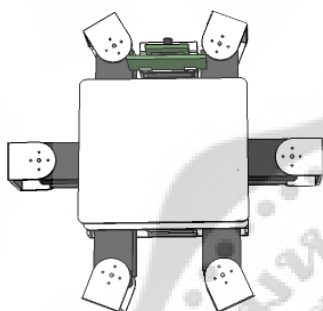
ภาพประกอบ 3 (ก) หุ่นยนต์ ATHLETE ใช้อุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนที่โดยการหยิบจับและขุด (ข) หุ่นยนต์ ATHLETE ปีนหรือเกี่ยวในการยกตัว



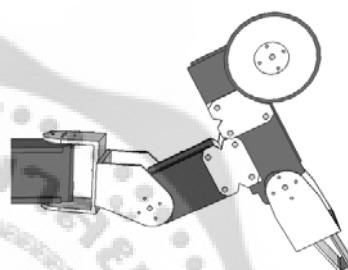
(ก)



(ข)

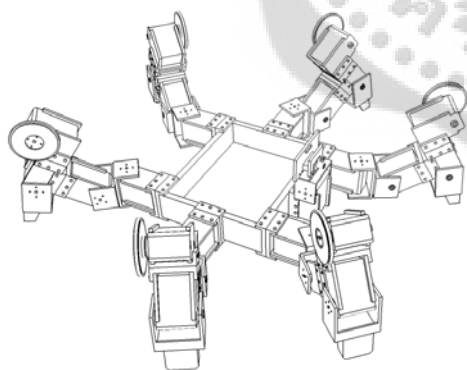


(ค)

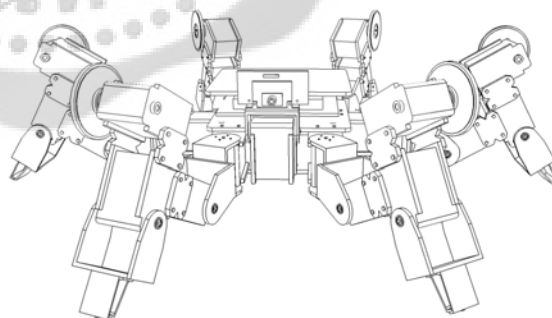


(ง)

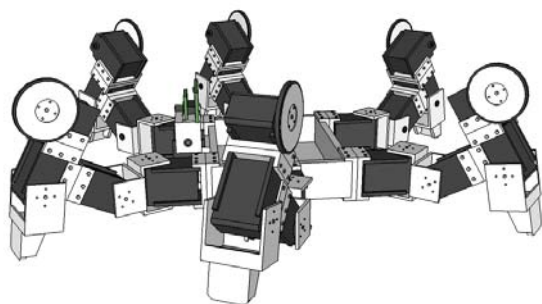
ภาพประกอบ 4 (ก) หุ่นยนต์ SWU ออกแบบด้วยกราฟฟิค (ข) มุมมองด้านบน (ค) ลำตัว (ง) ล้อและขา  
ของหุ่นยนต์ SWU



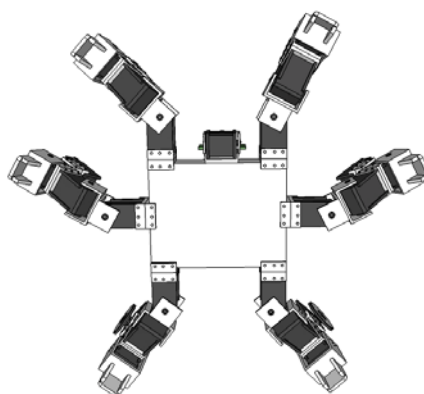
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพประกอบ 5 (ก) หุ่นยนต์ SWU ร่างแบบ (ข) ร่างแบบด้านหน้า (ค) ออกแบบทำเดิน (ง) ด้านล่าง



(ก)



(ข)



(ค)



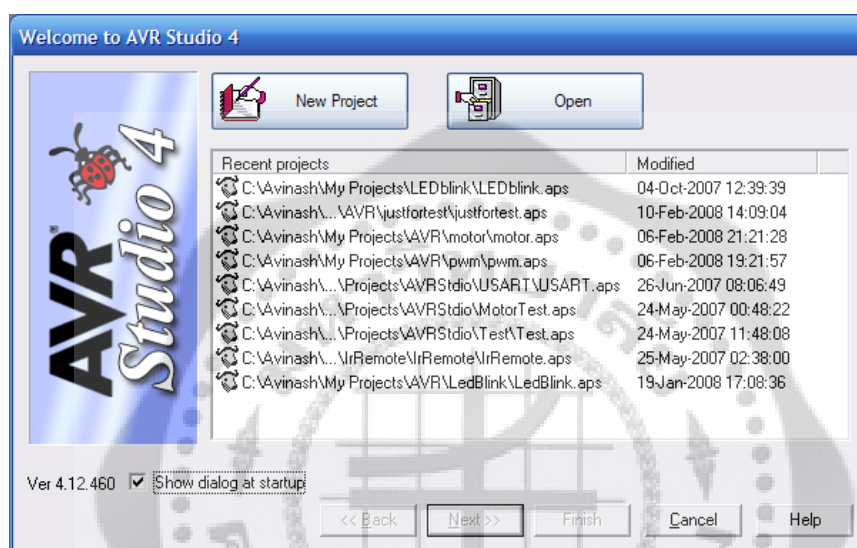
(ง)

ภาพประกอบ 6 หุ่นยนต์ SWU (ก) ใช้ล้อเคลื่อนที่ด้านข้าง (ข) ทำเตรียมพร้อมด้านหน้า (ค) ทำเตรียมพร้อมด้านบน (ง) ใช้ล้อในการเคลื่อนที่ด้านหน้า

ภาคผนวก ข  
โปรแกรมภาษาซีที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU



ตัวอย่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบ



ตัวอย่างโปรแกรมภาษาซีที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU

ตาราง 1 แสดงโปรแกรมภาษาซีเพื่อให้หุ่นยนต์ต้นแบบ SWU เตรียมพร้อมและตรวจสอบข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้มีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร

---

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{459,575,444,590,513,512,581,414,592,422,504,457,632,369,605,411,526,441,0x10},//(0)ready

```

---

## ตาราง 2 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{458,584,469,767,517,733,326,569,803,414,729,411,581,443,490,236,596,410,0x20},//(1)Forward walk 1
{429,575,521,739,431,610,489,730,801,390,741,412,585,447,617,203,551,307,0x20},//(2)Forward walk 2
{440,566,257,555,291,507,455,698,602,213,613,289,581,443,788,534,614,428,0x20},//(3)Forward walk 3
{449,595,285,503,414,593,294,535,626,215,612,274,577,439,821,407,717,473,0x20},//(4)Forward walk 4

```

## ตาราง 3 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{458,584,469,767,517,733,326,569,803,414,729,411,581,443,490,236,596,410,0x40},//(5)Forward F walk 1
{429,575,521,739,431,610,489,730,801,390,741,412,585,447,617,203,551,307,0x40},//(6)Forward F walk 2
{440,566,257,555,291,507,455,698,602,213,613,289,581,443,788,534,614,428,0x40},//(7)Forward F walk 3
{449,595,285,503,414,593,294,535,626,215,612,274,577,439,821,407,717,473,0x40},//(8)Forward F walk 4

```

## ตาราง 4 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเคลื่อนที่ไปข้างหลังของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{458,584,469,767,517,733,326,569,803,414,729,411,581,443,490,236,596,410,0x10},//(9)Backward walk 1
{449,595,285,503,414,593,294,535,626,215,612,274,577,439,821,407,717,473,0x10},//(10)Backward walk 2
{440,566,257,555,291,507,455,698,602,213,613,289,581,443,788,534,614,428,0x10},//(11)Backward walk 3
{429,575,521,739,431,610,489,730,801,390,741,412,585,447,617,203,551,307,0x10},//(12)Backward walk 4

```

## ตาราง 5 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเคลื่อนที่ไปข้างหลังอย่างรวดเร็วของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{458,584,469,767,517,733,326,569,803,414,729,411,581,443,490,236,596,410,0x40},//(13)Fast B walk 1
{449,595,285,503,414,593,294,535,626,215,612,274,577,439,821,407,717,473,0x40},//(14)Fast B walk 2
{440,566,257,555,291,507,455,698,602,213,613,289,581,443,788,534,614,428,0x40},//(15)Fast B walk 3
{429,575,521,739,431,610,489,730,801,390,741,412,585,447,617,203,551,307,0x40},//(16)Fast B walk 4

```

### ตาราง 6 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{372,610,267,512,268,512,512,509,536,256,510,291,650,364,739,513,735,523,0x10},//(17)Turn righted 1
{372,734,267,512,268,512,611,509,536,256,510,291,650,405,739,513,735,523,0x10},//(18)Turn righted 2
{372,734,494,750,495,733,611,509,764,495,763,483,650,405,517,253,522,259,0x10},//(19)Turn righted 3
{372,655,494,750,495,733,519,509,764,495,763,483,650,329,517,253,522,259,0x10},//(20)Turn righted 4

```

### ตาราง 7 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเลี้ยวขวาอย่างรวดเร็วของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{372,610,267,512,268,512,512,509,536,256,510,291,650,364,739,513,735,523,0x40},//(21)Fast R turnp 1
{372,734,267,512,268,512,611,509,536,256,510,291,650,405,739,513,735,523,0x40},//(22)Fast R turnp 2
{372,734,494,750,495,733,611,509,764,495,763,483,650,405,517,253,522,259,0x40},//(23)Fast R turnp 3
{372,655,494,750,495,733,519,509,764,495,763,483,650,329,517,253,522,259,0x40},//(24)Fast R turnp 4

```

### ตาราง 8 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{414,652,512,757,512,756,515,512,760,480,733,514,660,374,511,285,501,289,0x10},//(25)Turn left 1
{290,652,512,757,512,756,515,413,760,480,733,514,619,374,511,285,501,289,0x10},//(26)Turn left 2
{290,652,274,530,291,529,515,413,521,252,541,261,619,374,771,507,765,502,0x10},//(27)Turn left 3
{369,652,274,530,291,529,515,505,521,252,541,261,695,374,771,507,765,502,0x10},//(28)Turn left 4

```

### ตาราง 9 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเลี้ยวซ้ายอย่างรวดเร็วของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{414,652,512,757,512,756,515,512,760,480,733,514,660,374,511,285,501,289,0x40},//(29)Fast L turn 1
{290,652,512,757,512,756,515,413,765,480,733,514,619,374,511,285,501,289,0x40},//(30)Fast L turn 2
{290,652,274,530,291,529,515,413,521,252,541,261,619,374,771,507,765,502,0x40},//(31)Fast L turn 3
{369,652,274,530,291,529,515,505,521,252,541,261,695,374,771,507,765,502,0x40},//(32)Fast L turn 4

```



### ตาราง 10 แสดงโปรแกรมภาษาซีการพลิกตัวเมื่อหุ่นยนต์พลิกคว่ำ

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{512,566,257,555,291,507,455,698,602,213,613,289,581,443,788,534,614,428,0x10},//(50)get up1
{550,575,521,739,431,610,489,730,801,390,741,412,585,447,617,203,551,307,0x10},//(51)get up2
{600,648,227,826,283,742,523,498,818,211,786,269,656,349,779,250,725,293,0x10},//(52)get up3
{650,547,241,560,481,259,772,240,552,481,603,447,581,423,815,245,589,475,0x10},//(53)get up4
{700,560,462,817,732,552,772,240,552,481,603,447,581,423,815,245,589,475,0x10},//(54)get up5

```

### ตาราง 11 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเปลี่ยนรูปแบบขาเพื่อใช้ป็น پایของหุ่นยนต์

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{502,514,791,237,350,650,825,203,512,512,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(56)car_tagay1
{502,514,791,237,350,650,825,203,214,803,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(57)car_tagay2
{502,514,512,512,350,650,825,203,214,803,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(58)car_tagay3
{502,514,791,237,350,650,825,203,512,512,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(59)car_tagay4
{502,514,791,237,350,650,825,203,214,803,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(60)car_tagay5
{502,514,512,512,350,650,825,203,214,803,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(61)car_tagay6
{502,514,791,237,350,650,825,203,512,512,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(62)car_tagay7
{502,514,791,237,350,650,825,203,214,803,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(63)car_tagay8
{502,514,791,237,350,650,825,203,214,803,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(64)car_tagay9

```

### ตาราง 12 แสดงโปรแกรมภาษาซีการเปลี่ยนรูปแบบจากขามาเป็นล้อ

```

prog_uint16_t page_motion[][19]= {
// 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 SP // servo number
{502,514,791,237,350,650,825,203,214,803,650,350,512,512,202,845,650,400,0x30},//(55)car

```

ตาราง 13 แสดงโปรแกรมภาษาซีการควบคุมการหมุนและหยุดล้อของหุ่นยนต์

---

```

#define MAX_SPEED          1023
#define COMPLEMENT_SPEED (1024+MAX_SPEED)
void wheel_delay_ms(word i)
{
    for (;i > 0; i--)
    {
        _delay_ms(1);
        Status_ADXL = ADXL_Read();
        if (Status_ADXL != 0)
        {
            break;
        }
    }
}
void wheelForward(unsigned int i)
{
    dxl_PosSpeed( 19, P_GOAL_SPEED_L, COMPLEMENT_SPEED );
    dxl_PosSpeed( 20, P_GOAL_SPEED_L, MAX_SPEED );
    dxl_PosSpeed( 21, P_GOAL_SPEED_L, COMPLEMENT_SPEED );
    dxl_PosSpeed( 22, P_GOAL_SPEED_L, MAX_SPEED );
    dxl_PosSpeed( 23, P_GOAL_SPEED_L, COMPLEMENT_SPEED );
    dxl_PosSpeed( 24, P_GOAL_SPEED_L, MAX_SPEED );
    wheel_delay_ms(i);
}
void wheelStop(unsigned int i)
{
    dxl_PosSpeed( 19, P_GOAL_SPEED_L, 0 );
    dxl_PosSpeed( 20, P_GOAL_SPEED_L, 0 );
    dxl_PosSpeed( 21, P_GOAL_SPEED_L, 0 );
    dxl_PosSpeed( 22, P_GOAL_SPEED_L, 0 );
    dxl_PosSpeed( 23, P_GOAL_SPEED_L, 0 );
    dxl_PosSpeed( 24, P_GOAL_SPEED_L, 0 );
    wheel_delay_ms(i);
}

```

---

ตาราง 14 แสดงโปรแกรมภาษาซี การประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ (sensor)

---

```

#define RANGE_ADXL 5

void ADC_Init(void)
{
  ADCSRA = (1<<ADEN);
  ADCSRA |= (1<<ADPS2)|(0<<ADPS1)|(0<<ADPS0);
}

unsigned int ADC_Read(unsigned char adc_ch)
{
  ADMUX = (0<<REFS1)|(1<<REFS0)|(0<<ADLAR) | adc_ch;
  ADCSRA |= (1<<ADSC);
  while (!(ADCSRA & (1<<ADIF)))
  ;
  return (ADCW);
}

unsigned char ADXL_Read(void)
{
  word ADXL_X, ADXL_Y, ADXL_Z;
  char buf[50];
  ADXL_X = ADC_Read(2);
  ADXL_Y = ADC_Read(1);
  ADXL_Z = ADC_Read(0);
  sprintf(buf, "\n\rACC= X:%u,Y:%u,Z:%u",ADXL_X,ADXL_Y,ADXL_Z);
  TxDString(buf);
  delay_ms(300);
  if((ADXL_X>371-RANGE_ADXL && ADXL_X<371+RANGE_ADXL) &&
  (ADXL_Y>348-RANGE_ADXL && ADXL_Y<348+RANGE_ADXL) &&
  (ADXL_Z>415-RANGE_ADXL && ADXL_Z<415+RANGE_ADXL))
  {
    return 1;
  }
  return 0

```

---



ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล นายธีรวัฒน์ ปานกลาง  
 วัน เดือน ปีเกิด 15 มิถุนายน 2523  
 สถานที่เกิด บุรีรัมย์  
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 7/72 หมู่บ้านไผ่โอบ ถนนสวัสดิการ 3 แขวงหนองแขม  
 เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160  
 ตำแหน่งที่ทำงาน อาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ซ.อิสรภาพ 15  
 แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

### ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2542 มัธยมศึกษาตอนปลาย  
 จากโรงเรียนนางรอง อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์  
 พ.ศ. 2546 คบ. (ฟิสิกส์)  
 จากสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา  
 พ.ศ. 2555 วท.ม. (ฟิสิกส์)  
 จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ