

เครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

The Measuring Device a Center of Mass of an Object

เลวิการ์ บุพพามาตย์¹ พัชรินทร์ ก้อมมณี¹ ธนพล แสงสาระวัต¹ ธีชนนท์ อ้นสุริย์¹ กิตติศักดิ์ แสนประเสริฐ²

E-mail: kittisak.san@ru.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักจำนวน 4 ตัว ขนาด 300 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตร ด้วยหลักการโมเมนต์รอบจุด ซึ่งคำนวณตำแหน่ง COM ได้ 2 แกน (แกน x และ แกน y) ด้วยตัวประมวลผล Arduino mage 2560 มีค่าความผิดพลาดทั้ง 2 แกนเท่ากับ 5.107 มิลลิเมตร หรือ 1.703 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: จุดศูนย์กลางมวล Arduino mage 2560

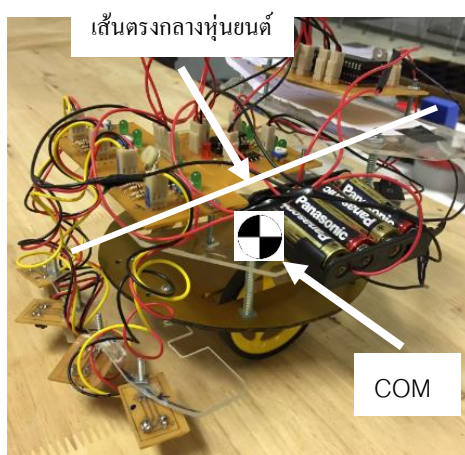
Abstract

The paper presents a development of center of mass (COM) measurement device for object. This device consists of 4 strain gauge placed on each glass plate of x-axis and y-axis, size 300x300 mm², and main control using Arduino mage 2560. The error of x-axis and y-axis is 5.107 mm or 1.703 %

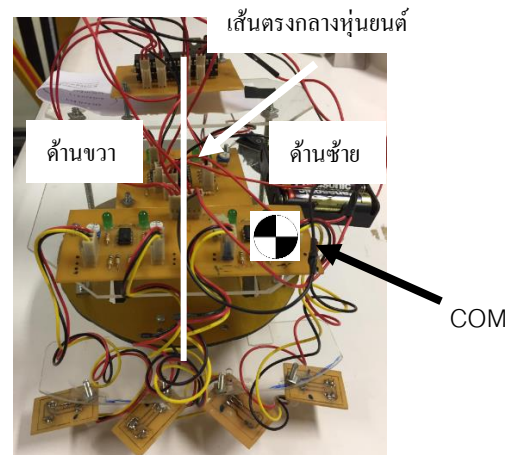
Keywords: center of mass, Arduino mage 2560

ความเป็นมาของปัญหา

ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล (center of mass: COM) ของวัตถุนั้นมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากตำแหน่งดังกล่าวเป็นตัวแทนตำแหน่งของน้ำหนักเฉลี่ยของวัตถุนั้น เช่น หุ่นยนต์เดินตามเส้น หากการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ไม่ได้สัดส่วน มีมวลโดยรวมอยู่ในด้านซ้าย หรือตำแหน่ง COM กลางมวลอยู่ในด้านซ้าย ตามภาพประกอบที่ 1 จะพบว่าเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าโดยไม่มีการควบคุม หุ่นยนต์จะเลยไปด้านซ้ายตามตำแหน่งของ COM ทำให้หุ่นยนต์ไม่เกิดความสมดุลของหุ่นยนต์ ซึ่งจะกระทบต่อการออกแบบระบบควบคุม หุ่นยนต์เดินตามเส้นที่เหมาะสมนั้น ตำแหน่ง COM นั้นควรอยู่ในตำแหน่งจุดกึ่งกลางของล้อหุ่นยนต์ทั้งสองข้างและควรอยู่ในระนาบเดียวกับล้อที่เป็นตำแหน่งของการหมุน พร้อมกันนั้นตำแหน่ง COM ควรมีความสูงน้อยที่สุดเพื่อมีพื้นที่ขอบเขตรูปเหลี่ยมของจุดรองรับ (support polygon) มากขึ้น แต่หากอยู่ COM อยู่หลังจากล้อมากเกินไปจะทำให้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เกิดการแกว่ง (oscillation) ได้ ซึ่งได้มีการประยุกต์นำตำแหน่ง COM ไปใช้ในการวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วง (center of gravity: COG) ของรถ SUPRA SAE CAR เพื่อให้รถได้จัดวางตำแหน่งได้สมดุลมากที่สุด ตามภาพประกอบที่ 2



(ก) ด้านข้างหุ่นยนต์เดินตามเส้น



(ข) ด้านหน้าหุ่นยนต์เดินตามเส้น

ภาพประกอบที่ 1 หุ่นยนต์เดินตามเส้น

¹ นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

² อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

การหาตำแหน่ง COM นั้นมีหลายวิธี เช่น 1) การคำนวณจากตำแหน่งของมวลต่างๆ วิธีการนี้จะต้องคำนวณใหม่เมื่อตำแหน่งของมวลที่เปลี่ยนไปทำให้เกิดความยุ่งยากในการคำนวณใหม่ 2) การประมาณค่าจากการสังเกตของผู้วิจัย ซึ่งวิธีการนี้จะได้ค่าที่ไม่แน่นอนและเที่ยงตรง 3) การใช้เครื่องชั่งโดยการคำนวณผ่านหลักการโมเมนต์รอบจุด วิธีการนี้จะให้ค่าตำแหน่ง COM เพียงด้านแกนเดียว ในการนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสร้างเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลที่สามารถคำนวณตำแหน่ง COM ได้ 2 แกน (แกน x และแกน y) ในการวัดเพียงครั้งเพื่อให้ง่ายและรวดเร็วในการใช้งาน



ภาพประกอบที่ 2 การวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วง (center of gravity: COG) ของรถ SUPRA SAE CAR [1]

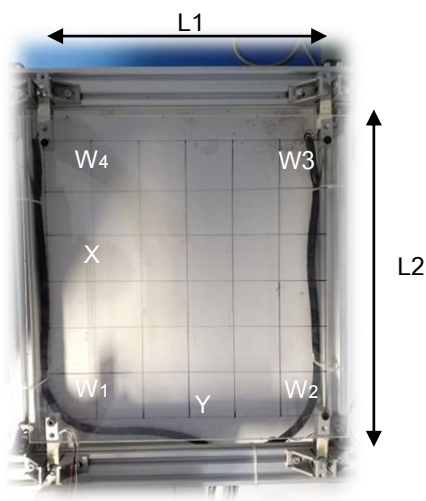
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

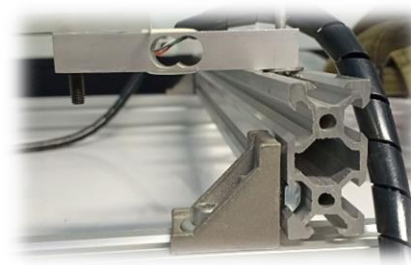
วิธีดำเนินการวิจัย

1. หลักการโมเมนต์รอบจุด

การคำนวณโมเมนต์รอบจุดแกน X และแกน Y นั้นจะใช้การคำนวณโมเมนต์รอบจุด ตามสมการที่ 1 และ สมการที่ 2 ตามลำดับโดยทำการอ่านค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งหรือโหลดเซลล์ จำนวน 4 ตัว คือ W1, W2, W3 และ W4 และหาผลรวมของน้ำหนักทั้งหมดจากตัวแปร W โดยคำนวณจาก $W = W1+W2+W3+W4$ ตามภาพประกอบที่ 3 ต่อไปเป็นการคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของแต่ละแกน โดยแกน X จะใช้การคำนวณโมเมนต์รอบจุดแกน X คือการใช้เครื่องชั่งที่ W2 และ W3 และความยาวด้าน L1 สามารถคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแกน X ได้ตามสมการที่ 1 จากนั้นทำการคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของแกน Y จะใช้การคำนวณโมเมนต์รอบจุดแกน Y คือการใช้เครื่องชั่งที่ W3 และ W4 และความยาวด้าน L2 สามารถคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแกน Y ได้ตามสมการที่ 2 โดยงานวิจัยนี้ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่รับน้ำหนักไม่เกิน 5 กิโลกรัม และระยะ $L1=L2=300$ มิลลิเมตร จากนั้นนำไปประมวลผลด้วยตัวประมวลผล Arduino mega 2560



(ก) ตำแหน่งเครื่องชั่งและขนาด



(ข) เครื่องชั่งน้ำหนักหรือโหลดเซลล์

ภาพประกอบที่ 3 เครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแบบ 2 แกน

$$X = \frac{(W2+W3)xL1}{W} \quad \text{เมื่อ } \sum M_x = 0 \quad (1)$$

$$Y = \frac{(W3+W4)xL2}{W} \quad \text{เมื่อ } \sum M_y = 0 \quad (2)$$

เมื่อ

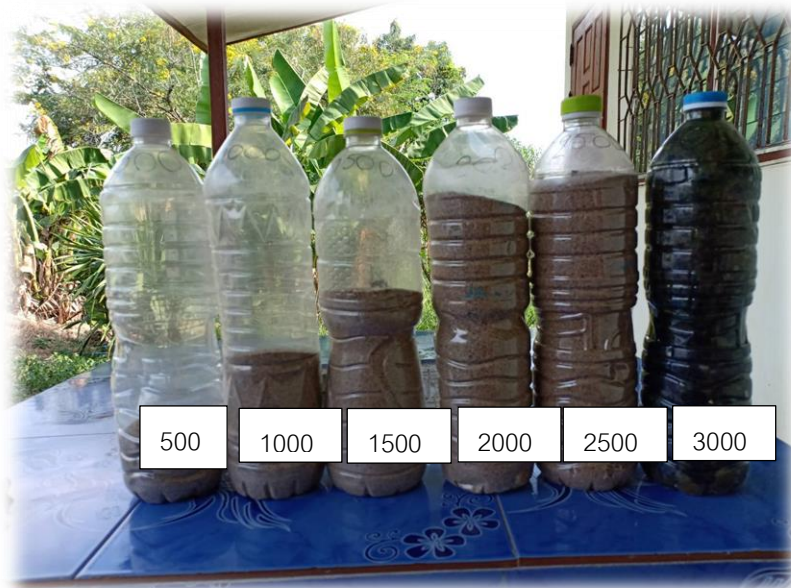
$$W = W1+W2+W3+W4 \quad (3)$$

2. ขั้นตอนการสร้างเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

ขั้นตอนการสร้างเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลมี 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อชดเชยค่าความผิดพลาด และ 2) ทดลองเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแบบ 2 แกน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องชั่งน้ำหนัก

ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องชั่งน้ำหนักทั้ง 4 เครื่องชั่ง โดยกำหนดน้ำหนักอ้างอิงโดยมีน้ำหนัก 500 กรัม 1,000 กรัม 1,500 กรัม 2,000 กรัม 2,500 กรัม และ 3,000 กรัม โดยใช้ทรายเป็นน้ำหนักตามภาพประกอบที่ 4 จากนั้นทำการเก็บข้อมูลจำนวน 100 ข้อมูลต่อครั้ง และเป็นจำนวน 4 ครั้งในแต่ละน้ำหนัก ต่อไปทำการหาค่าเฉลี่ยตัววิธี Boxplot และหาค่าความผิดพลาด (error) ตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 สุดท้ายนำค่าความผิดพลาดดังกล่าวทำกระบวนการชดเชยโดยคำนวณไว้ที่ตัวประมวลผล Arduino mega 2560



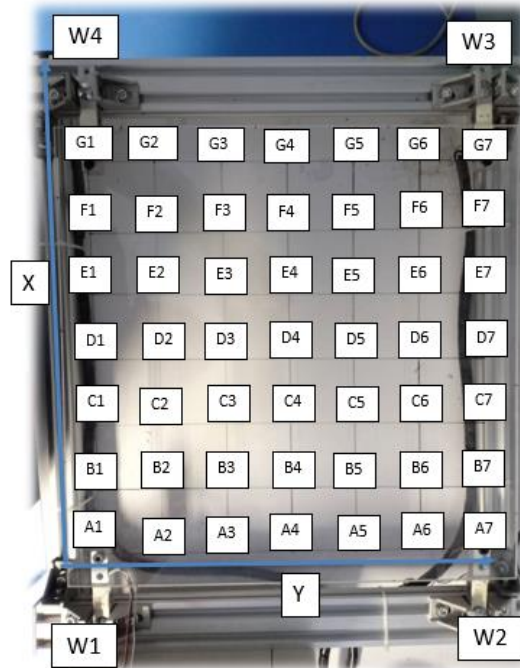
ภาพประกอบที่ 4 น้ำหนักในการทดสอบ

ตารางที่ 1 การทดสอบค่าความผิดพลาด (error) ของเครื่องชั่งน้ำหนักทั้ง 4 เครื่องชั่งน้ำหนัก

น้ำหนักอ้างอิง (กรัม)	W1 (%)	W2 (%)	W3 (%)	W4 (%)
500	1.500	3.795	4.541	5.004
1000	1.837	7.950	4.303	3.830
1500	1.584	7.145	3.891	4.767
2000	1.585	6.914	3.956	4.031
2500	1.447	5.966	3.702	4.132
3000	1.493	6.33	3.906	4.009
เฉลี่ย	1.574	6.351	4.050	4.295

2.2 ทดลองเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแบบ 2 แกน

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องชั่งน้ำหนักตามหัวข้อที่ 2.1 แล้วนั้น ต่อไปเป็นการคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของแกน X และแกน Y ตามสมการที่ 1 และสมการที่ 2 จากตัวประมวลผล Arduino mega 2560 จากนั้นเป็นการทดลองตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแบบ 2 แกน โดยทั้งแกน X และแกน Y มีระยะห่าง 5 เซนติเมตร โดยกำหนดเป็นตำแหน่งตามภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบที่ 5 ตำแหน่งการทดลองของเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแบบ 2 แกน

ผลการวิจัย

ผลการทดลองเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามตารางที่ 2 และมีความผิดพลาดทางด้านแกน X เท่ากับ 5.484 มิลลิเมตร ความผิดพลาดทางด้านแกน Y เท่ากับ 4.730 มิลลิเมตรและมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดทั้ง 2 แกนเท่ากับ 8.78 มิลลิเมตร น้อยที่สุดเท่ากับ 1.30 มิลลิเมตร พร้อมกันนั้นมีความผิดพลาดทั้ง 2 แกนเท่ากับ 5.107 มิลลิเมตร ตามตารางที่ 3 พร้อมทั้งแสดงค่าความผิดพลาดในตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล ตามภาพประกอบที่ 6 และแสดงเป็นเส้นโครงร่าง (contour) ของเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล โดยมีแกน X เป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแกน X ส่วนแกน Y เป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลแกน Y และแกน Z เป็นค่าความผิดพลาดทั้ง 2 แกน แสดงตามภาพประกอบที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่าความผิดพลาดมีการแกว่ง (oscillation) ไม่ได้ราบเรียบ

เมื่อได้สร้างเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลทั้ง 2 แกนแล้วนั้น ได้ทำการทดสอบกับหุ่นยนต์ LEGO EV3 ที่เป็นหุ่นยนต์ที่นิยมใช้ในการจัดการเรียนการสอนหุ่นยนต์ โดยได้ประกอบหุ่นยนต์ให้มีลักษณะมาตรฐานของหุ่นยนต์ LEGO EV3 โดยได้ทำการวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลจำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 จะได้ด้าน X และด้าน Y ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลมีค่าเท่ากับ 60.05 มิลลิเมตร และ 85.77 มิลลิเมตร ตามลำดับ และวัดครั้งที่ 2 เพื่อให้ได้แกน Z ของหุ่นยนต์ จะได้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลมีค่าเท่ากับ 63.09 มิลลิเมตร ตามภาพประกอบที่ 8 จะเห็นได้ว่าตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์ LEGO EV3 ด้านแกน X และแกน Y นั้นอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของหุ่นยนต์และอยู่ระหว่างล้อที่เป็นจุดหมุน และมีความสูงเท่ากับ 63.09 มิลลิเมตร ตามภาพประกอบที่ 9 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความเหมาะสม

ตารางที่ 2 การทดลองเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

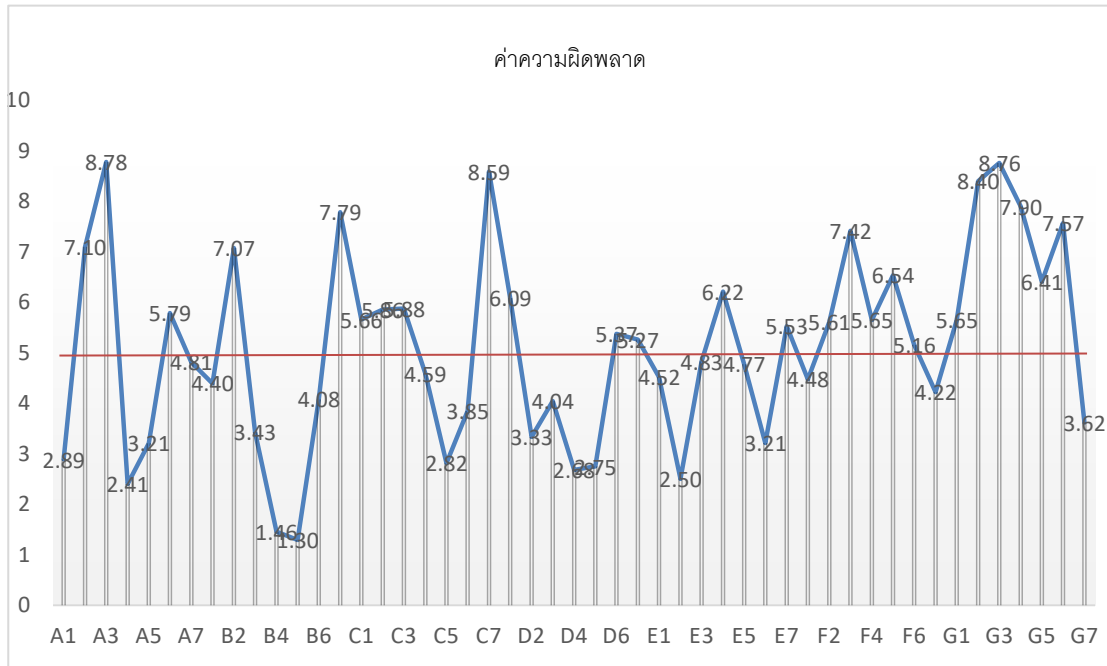
Point	ตำแหน่ง (มิลลิเมตร)		เครื่องวัดจริง (มิลลิเมตร)		ค่าความผิดพลาด (มิลลิเมตร)		ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
	X	Y	X	Y	X	Y	
A1	0	0	5.531	0.2509	5.531	0.2509	2.89095
A2	0	50	7.5885	43.3877	7.5885	6.6123	7.1004
A3	0	100	1.852	84.2938	1.852	15.7062	8.7791
A4	0	150	3.4827	148.6719	3.4827	1.3281	2.4054
A5	0	200	2.9771	203.4392	2.9771	3.4392	3.20815
A6	0	250	1.9195	259.6587	1.9195	9.6587	5.7891
A7	0	300	8.1598	298.5335	8.1598	1.4665	4.81315
B1	50	0	42.5836	1.3765	7.4164	1.3765	4.39645
B2	50	50	45.6694	40.1852	4.3306	9.8148	7.0727
B3	50	100	50.0327	93.1753	0.0327	6.8247	3.4287
B4	50	150	51.3903	148.4665	1.3903	1.5335	1.4619
B5	50	200	50.1572	202.4358	0.1572	2.4358	1.2965
B6	50	250	46.7623	254.9204	3.2377	4.9204	4.07905
B7	50	300	41.343	293.0851	8.657	6.9149	7.78595
C1	100	0	90.8575	2.1825	9.1425	2.1825	5.6625
C2	100	50	92.3766	45.9086	7.6234	4.0914	5.8574
C3	100	100	93.698	94.5447	6.302	5.4553	5.87865
C4	100	150	94.6584	146.1639	5.3416	3.8361	4.58885
C5	100	200	94.8001	199.5675	5.1999	0.4325	2.8162
C6	100	250	93.9031	251.605	6.0969	1.605	3.85095
C7	100	300	92.2387	290.583	7.7613	9.417	8.58915
D1	150	0	144.4674	6.6443	5.5326	6.6443	6.08845
D2	150	50	143.4929	49.8412	6.5071	0.1588	3.33295
D3	150	100	145.5586	96.3552	4.4414	3.6448	4.0431
D4	150	150	147.529	147.1068	2.471	2.8932	2.6821
D5	150	200	144.7486	199.7523	5.2514	0.2477	2.74955
D6	150	250	140.6139	248.6374	9.3861	1.3626	5.37435
D7	150	300	150.9946	290.463	0.9946	9.537	5.2658
E1	200	0	202.4271	6.6193	2.4271	6.6193	4.5232
E2	200	50	196.2515	51.2613	3.7485	1.2613	2.5049
E3	200	100	193.6125	96.7297	6.3875	3.2703	4.8289
E4	200	150	193.2902	144.2786	6.7098	5.7214	6.2156
E5	200	200	194.9659	195.4859	5.0341	4.5141	4.7741
E6	200	250	199.2789	244.2929	0.7211	5.7071	3.2141
E7	200	300	199.5348	289.4064	0.4652	10.5936	5.5294
F1	250	0	250.1816	8.7778	0.1816	8.7778	4.4797
F2	250	50	241.7043	47.0774	8.2957	2.9226	5.60915
F3	250	100	239.4262	95.7411	10.5738	4.2589	7.41635
F4	250	150	243.8944	144.8109	6.1056	5.1891	5.64735
F5	250	200	239.1555	197.7719	10.8445	2.2281	6.5363
F6	250	250	242.3299	247.3454	7.6701	2.6546	5.16235
F7	250	300	247.3259	294.2325	2.6741	5.7675	4.2208

ตารางที่ 2 (ต่อ)

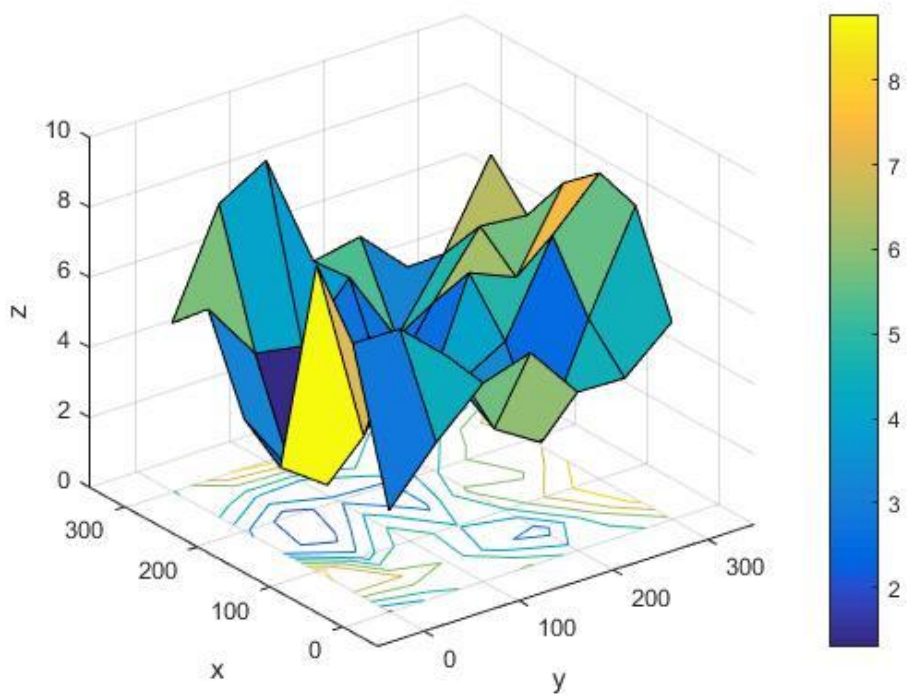
Point	ตำแหน่ง (มิลลิเมตร)		เครื่องวัดจริง (มิลลิเมตร)		ค่าความผิดพลาด (มิลลิเมตร)		ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
	X	Y	X	Y	X	Y	
G1	300	0	292.0944	3.3923	7.9056	3.3923	5.64895
G2	300	50	289.3996	43.7947	10.6004	6.2053	8.40285
G3	300	100	289.7619	92.7096	10.2381	7.2904	8.76425
G4	300	150	293.4068	140.7955	6.5932	9.2045	7.89885
G5	300	200	291.3907	204.2047	8.6093	4.2047	6.407
G6	300	250	292.451	257.5963	7.549	7.5963	7.57265
G7	300	300	293.3759	299.3873	6.6241	0.6127	3.6184
ค่าเฉลี่ย					5.484	4.730	5.107

ตารางที่ 3 การทดลองเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลทั้ง 2 แกน

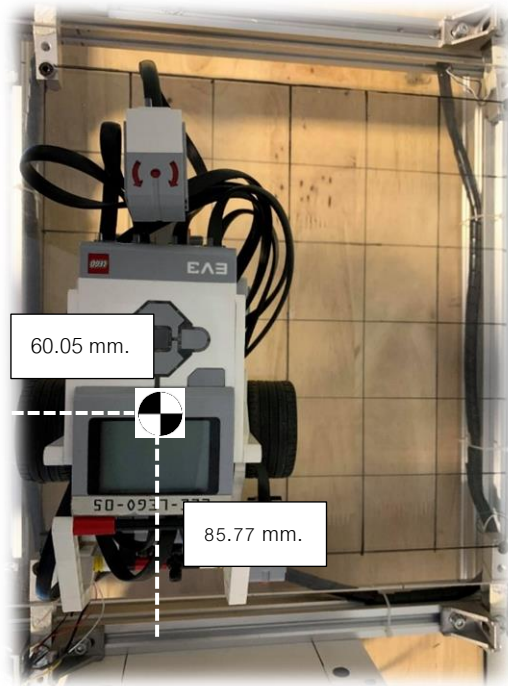
ตัวแปร	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
ค่าความผิดพลาด (มิลลิเมตร)	1.30	8.78	5.107	1.926



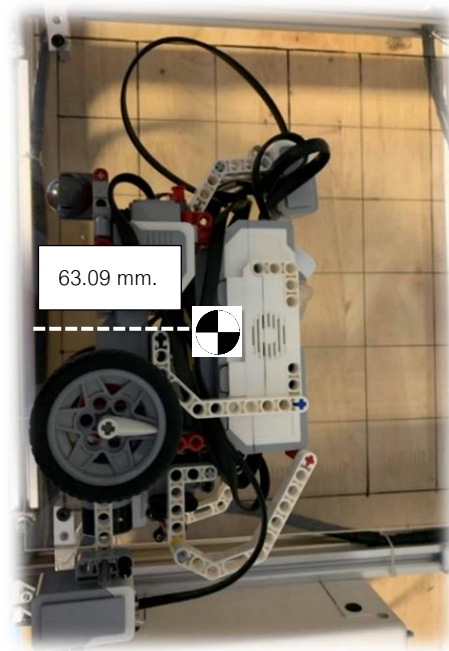
ภาพประกอบที่ 6 ค่าความผิดพลาดในตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล



ภาพประกอบที่ 7 เส้นโครงร่าง (contour) ของเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

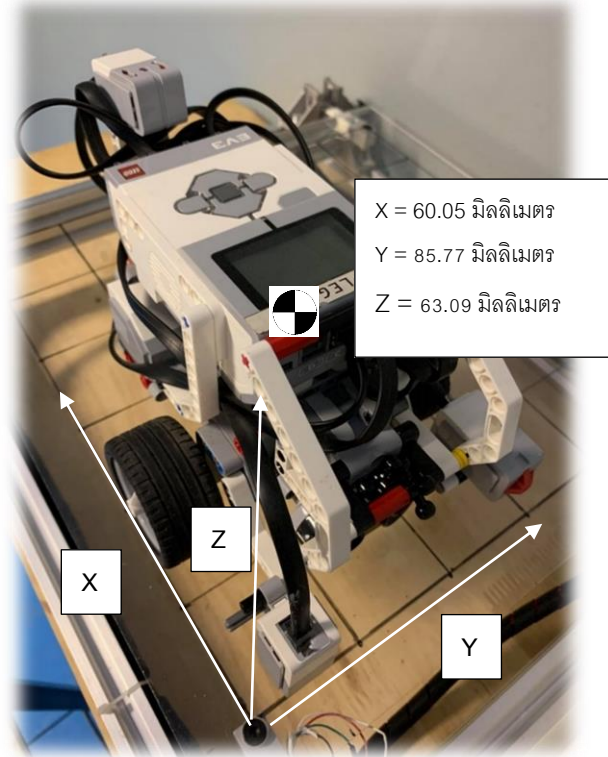


(ก) ด้าน X,Y ของหุ่นยนต์ LEGO EV3



(ข) ด้าน Z ของหุ่นยนต์ LEGO EV3

ภาพประกอบที่ 8 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์ LEGO EV3 ด้วยเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลทั้ง 2 แกน



ภาพประกอบที่ 9 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์ LEGO EV3 ทั้ง 3 แกน

อภิปรายผล

การสร้างเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลนั้น มีความละเอียดในการสร้างเป็นอย่างมาก เช่นการวางตำแหน่งของเครื่องชั่งน้ำหนักให้ได้ระดับและระนาบเดียวกันทั้ง 4 เครื่อง และการทดลองจะต้องทดลองในตำแหน่งที่คงที่ จึงจะทำให้การทดลองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

เครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลโดยใช้เครื่องชั่งสำหรับคำนวณผ่านหลักการโมเมนต์รอบจุดจำนวน 4 ตัว ขนาด 300 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถคำนวณตำแหน่ง COM ได้ 2 แกน (แกน x และ แกน y) ในการวัดเพียงครั้งเพื่อให้ง่ายและรวดเร็ว มีผลค่าความผิดพลาดทางด้านแกน X เท่ากับ 5.484 มิลลิเมตร ความผิดพลาดทางด้านแกน Y เท่ากับ 4.730 มิลลิเมตร และมีค่าความผิดพลาดทั้ง 2 แกนเท่ากับ 5.107 มิลลิเมตร หรือ 1.703 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์หลักการในการวิเคราะห์การเดินของผู้สูงอายุได้
2. สร้างเครื่องวัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลให้ใหญ่ขึ้นสำหรับการสร้างเครื่องจักรที่ต้องการความสมดุล เช่น เครื่องกลเติมอากาศในน้ำ ที่ต้องการสมดุลในการจัดวางอุปกรณ์ไม่ให้เอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การลดค่าความผิดพลาดให้น้อยลงจากเดิม

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. G. Patel, "Measuring a Centre of Gravity of an Object using 4 Load Transducer Method," vol. 6, no. 01, pp. 210–215, 2017.
- [2] นัฐพงษ์ เนินชิต และคณะ. (2561). การพัฒนาเครื่องวัดจุดศูนย์กลางถ่วงสำหรับหุ่นยนต์เสมือนมนุษย์. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 41. หน้า 271-274.