

บทที่ 4

ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์

การหาค่าความผิดพลาดที่ตำแหน่งปลายมือเมื่อเทียบกับค่าตำแหน่งที่ต้องการซึ่งได้จากการแทนค่า พารามิเตอร์ และค่าองศาการหมุนลงในสมการ DIRECT KINEMATIC ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางและ ข้อมูลดังต่อไปนี้

ค่าพารามิเตอร์มีดังต่อไปนี้

d1 คือระยะห่างระหว่างฐานไปยังจุดหมุนที่ไหล่ = 15 cm

a2 คือระยะห่างจากจุดหมุนที่ไหล่ไปยังจุดหมุนที่ศอก = 24.3 cm

a3 คือระยะห่างจากจุดหมุนที่ศอกไปยังจุดหมุนที่ข้อมือหมุนแบบ PITCH = 12 cm

a4 คือระยะห่างจากจุดหมุนที่ข้อมือแบบ PITCH ไปยังจุดหมุนข้อมือหมุนแบบ ROLL = 16 cm

d5 คือระยะห่างจากจุดหมุนที่ข้อมือหมุนแบบ ROLL ไปยังจุดปลายมือ = 7 cm

แทนค่าพารามิเตอร์ a_2, a_3, a_4, d_1, d_5 และ ค่า $C_1, C_2, C_{234}, S_{234}, S_1, C_{23}, S_{234}$ ที่กระแสน้ำที่ป้อนให้แก่สแต็ปเปอร์มอเตอร์เป็น 5 แอมป์ แรงดันเป็น 6 โวลต์ และความถี่เป็น 50 เฮิรตซ์ โดยมีภาระที่ปลายมือเป็น 200 กรัม ลงในสมการ Direct kinematic จะได้ค่าตำแหน่งปลายมือ ที่ความเร็วต่าง ๆ ดังนี้

ที่ความเร็ว 25 มิลลิวินาที ต่อ สแต็ป ค่า $(x, y, z) = (4.06, 17.6, -8.9)$

ที่ความเร็ว 25 มิลลิวินาที ต่อ สแต็ป เมื่อเปลี่ยนค่ามุมใหม่

$$\text{ค่า } (x, y, z) = (2.297, 0.639, -24.9479)$$

ที่ความเร็ว 75 มิลลิวินาที ต่อ สแต็ป ค่า $(x, y, z) = (7.2, 16, -7.8)$

ที่ความเร็ว 75 มิลลิวินาที ต่อ สแต็ป เมื่อเปลี่ยนค่ามุมใหม่

$$\text{ค่า } (x, y, z) = (6.302541, -5.0535, -20.149)$$

ที่ความเร็ว 100 มิลลิวินาที ต่อ สแต็ป ค่า $(x, y, z) = (8.6, 14, -7.6)$

ที่ความเร็ว 100 มิลลิวินาที ต่อ สแต็ป เมื่อเปลี่ยนค่ามุมใหม่

$$\text{ค่า } (x, y, z) = (-10.3717, 11.43512, -16.6371)$$

ค่า (x, y, z) ที่ใช้เปรียบเทียบหรือใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิง = $(-1.6, 16.2, -23)$

ค่า (x, y, z) ใช้เปรียบเทียบหรือใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิง เมื่อเปลี่ยนค่ามุมใหม่
= $(3.240628, -3.79686, -27.7193)$

จากผลการทดสอบนั้น ได้พบว่าที่ค่าความเร็วของทุกแกนเป็น 25 millisec / step นั้นให้ค่าความผิดพลาดที่ตำแหน่งปลายมือน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในแนวแกนต่าง ๆ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่าความผิดพลาดที่ตำแหน่งปลายมือกับความผิดพลาดที่ตำแหน่งปลายมือเมื่อเปลี่ยนค่ามุมใหม่ซึ่งมีค่าดังนี้

ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายมือ ในแนวแกน $x = 3.302$ cm

ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายมือ ในแนวแกน $y = 2.92$ cm

ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ตำแหน่งปลายมือ ในแนวแกน $z = 8.44$ cm

ซึ่งสามารถแสดงในรูปของเวกเตอร์หรือ ค่า absolute distance ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} R &= (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2} \\ &= (3.302^2 + 2.92^2 + 8.44^2)^{1/2} \\ &= 9.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

หมายเหตุ ในตารางที่ 4.1 ถึง 4.8 แสดงผลของการทดสอบที่ ซึ่งมีกระแสสลับที่ป้อนให้แต่ละโปรมเตอร์เป็น 5 แอมป์ แรงดันเป็น 6 โวลต์ และความถี่เป็น 50 เฮิร์ตซ์ โดยมีภาระที่ปลายมือเป็น 200 กรัม

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าองศาการหมุนแกนที่ 1 ที่ความเร็วใดๆ

ความเร็ว หน่วย ms/step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	จำนวน ที่ต้องการ	ค่าเฉลี่ย
100	56	58	57	58	56	56	57	57	57	54	56	58	59	56	56	96	56.733
75	60	65	63	68	65	63	62	64	65	65	65	67	65	66	67	96	64.667
25	75	76	77	79	76	77	78	76	75	76	77	78	76	77	76	96	76.6

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าองศาการหมุนแกนที่ 2 ที่ความเร็วใดๆ

ความเร็ว หน่วย ms/step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	จำนวน ที่ต้องการ	ค่าเฉลี่ย
100	20	21	21	19	21	21	21	20	19	20	20	21	22	20	21	22	20.467
75	21	19	18	19	19	18	19	20	19	15	20	18	16	16	16	22	18.2
25	18	20	18	18	19	19	18	17	16	19	16	18	17	16	16	22	17.667

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าองศาการหมุนแกนที่ 3 ที่ความเร็วใดๆ

ความเร็ว หน่วย ms/step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	จำนวน ที่ต้องการ	ค่าเฉลี่ย
100	15	15	16	17	16	18	17	16	16	14	15	15	16	16	15	18	15.8
75	18	17	16	16	15	16	16	19	15	16	18	16	16	15	16	18	16.333
25	16	20	17	16	18	17	19	17	17	17	18	18	16	17	16	18	17.267

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าองศาการหมุนแกนที่ 4 ที่ความเร็วใดๆ

ความเร็ว หน่วย ms/step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	จำนวน ที่ต้องการ	ค่าเฉลี่ย
100	124	125	125	124	126	127	124	122	124	124	123	125	124	125	125	102	124.47
75	120	123	122	121	121	122	122	121	122	121	123	122	121	122	121	102	121.6
25	115	119	118	118	119	118	118	119	117	118	118	118	119	118	119	102	118.07

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าองศาการหมุนแกนที่ 1 ที่ความเร็วใด ๆ

ความเร็ว หน่วย ms/step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	ค่าเฉลี่ย
100	21	25	24	23	26	25	23	22	24	24	23	25	24	26	26	24.067
75	49	48	49	48	49	51	48	52	51	50	48	47	49	48	49	49.067
25	47	51	52	49	51	52	53	48	49	52	53	52	53	51	53	51.067

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าองศาการหมุนแกนที่ 2 ที่ความเร็วใด ๆ

ความเร็ว หน่วย ms/step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	ค่าเฉลี่ย
100	58	60	62	62	58	59	59	59	60	60	61	62	63	61	63	60.467
75	57	57	56	55	55	57	57	55	54	55	56	56	57	57	55	55.933
25	52	48	51	53	51	53	51	50	52	50	50	51	52	53	51	51.2

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าองศาการหมุนแกนที่ 3 ที่ความเร็วใดๆ

ความเร็ว หน่วย ms/step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	ค่ามุม ที่ต้องการ	ค่าเฉลี่ย
100	15	15	16	17	16	18	17	16	16	14	15	15	16	16	15	18	15.8
75	17	18	16	15	15	16	19	16	15	16	16	16	15	16	16	18	16.133
25	18	17	16	17	18	17	17	18	17	17	16	17	18	17	16	18	17.067

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าองศาการหมุนแกนที่ 4 ที่ความเร็วใดๆ

ความเร็ว หน่วย ms/step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	ค่ามุม ที่ต้องการ	ค่าเฉลี่ย
100	84	86	87	85	86	85	87	87	87	86	86	84	85	86	87	60	85.867
75	75	76	79	78	79	79	78	79	75	76	77	77	78	78	79	60	77.533
25	69	68	65	65	66	67	67	68	68	67	68	67	68	68	67	60	67.2

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในแนวแกนต่างๆ

ค่าความผิดพลาดที่ปลายมือในแกน x	ค่าความผิดพลาดที่ปลายมือในแกน y	ค่าความผิดพลาดที่ปลายมือในแกน z
$\begin{aligned} \text{ที่ } x_{1.1} &= (x_{1.1} - x_{0.1}) = 2.3 - 3.24 \\ &= 0.943175 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } y_{1.1} &= (y_{1.1} - y_{0.1}) = 0.64 - (-3.8) \\ &= 4.436132 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } z_{1.1} &= (z_{1.1} - z_{0.1}) = (-25.0) - (-27.72) \\ &= 2.771414 \end{aligned}$
$\begin{aligned} \text{ที่ } x_{2.1} &= (x_{2.1} - x_{0.1}) = 6.30 - 3.24 \\ &= 3.061913 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } y_{2.1} &= (y_{2.1} - y_{0.1}) = (-5.05) - (-3.8) \\ &= 1.256631 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } z_{2.1} &= (z_{2.1} - z_{0.1}) = (-20.15) - (-27.72) \\ &= 7.570361 \end{aligned}$
$\begin{aligned} \text{ที่ } x_{3.1} &= (x_{3.1} - x_{0.1}) = (-10.37) - 3.24 \\ &= 13.6123 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } y_{3.1} &= (y_{3.1} - y_{0.1}) = 11.44 - (-3.8) \\ &= 15.23198 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } z_{3.1} &= (z_{3.1} - z_{0.1}) = (-16.64) - (-27.72) \\ &= 11.08221 \end{aligned}$

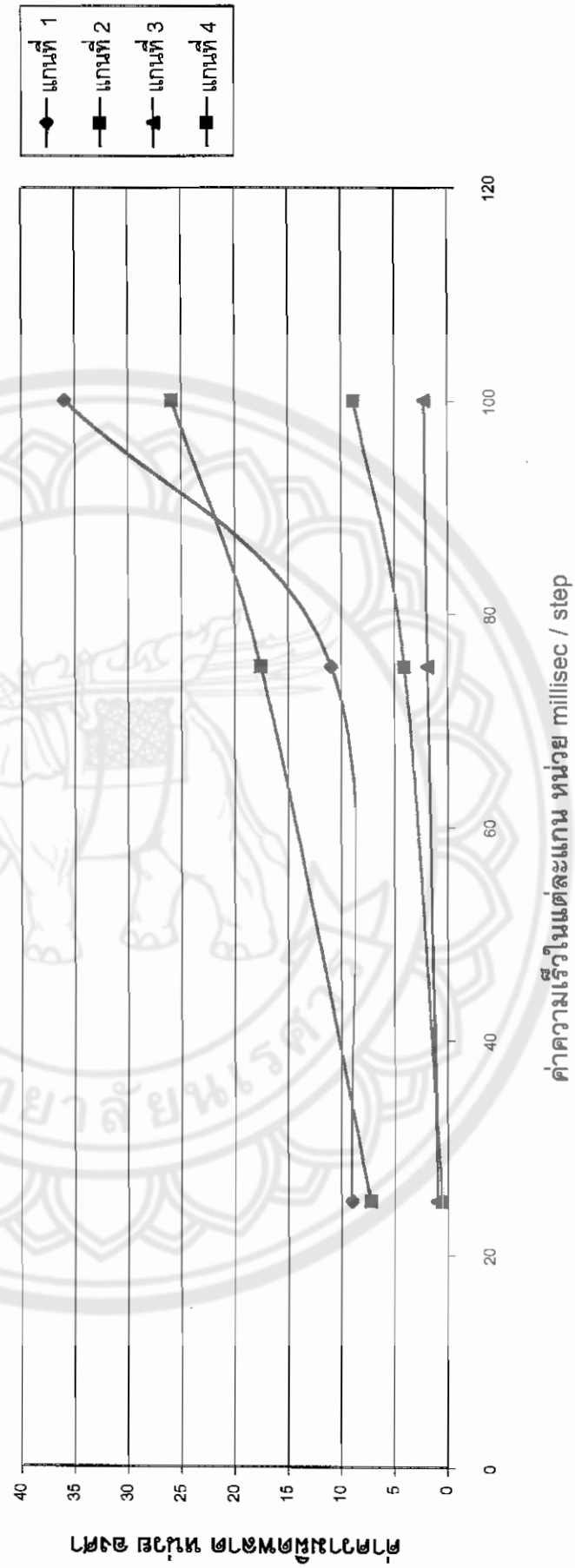
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในแนวแกนต่าง ๆ เมื่อเปลี่ยนค่าองศาของแกนที่ 1 2 และ 4

ในแกน x	ใน แกน y	ในแกน z
$\begin{aligned} \text{ที่ } x1 &= (x1 - x0) = 7.161 - (-1.6) \\ &= 8.775438069 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } y1 &= 15.69-16 \\ &= 0.515 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } z1 &= (z1 - z0) = (-7.8)-(-23) \\ &= 15.6043 \end{aligned}$
$\begin{aligned} \text{ที่ } x2 &= (x2 - x0) = 4.06-(-1.6) \\ &= 5.677842512 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } y2 &= 17.6-16 \\ &= 1.407 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } z2 &= (z2 - z0) = (-8.9)-(-23) \\ &= 14.5714 \end{aligned}$
$\begin{aligned} \text{ที่ } x3 &= (x3 - x0) = 8.61 - (-1.6) \\ &= 10.226649 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } y3 &= 13.7-16 \\ &= 2.489 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ที่ } z3 &= (z3 - z0) = (-7.57)-(-23) \\ &= 15.8719 \end{aligned}$

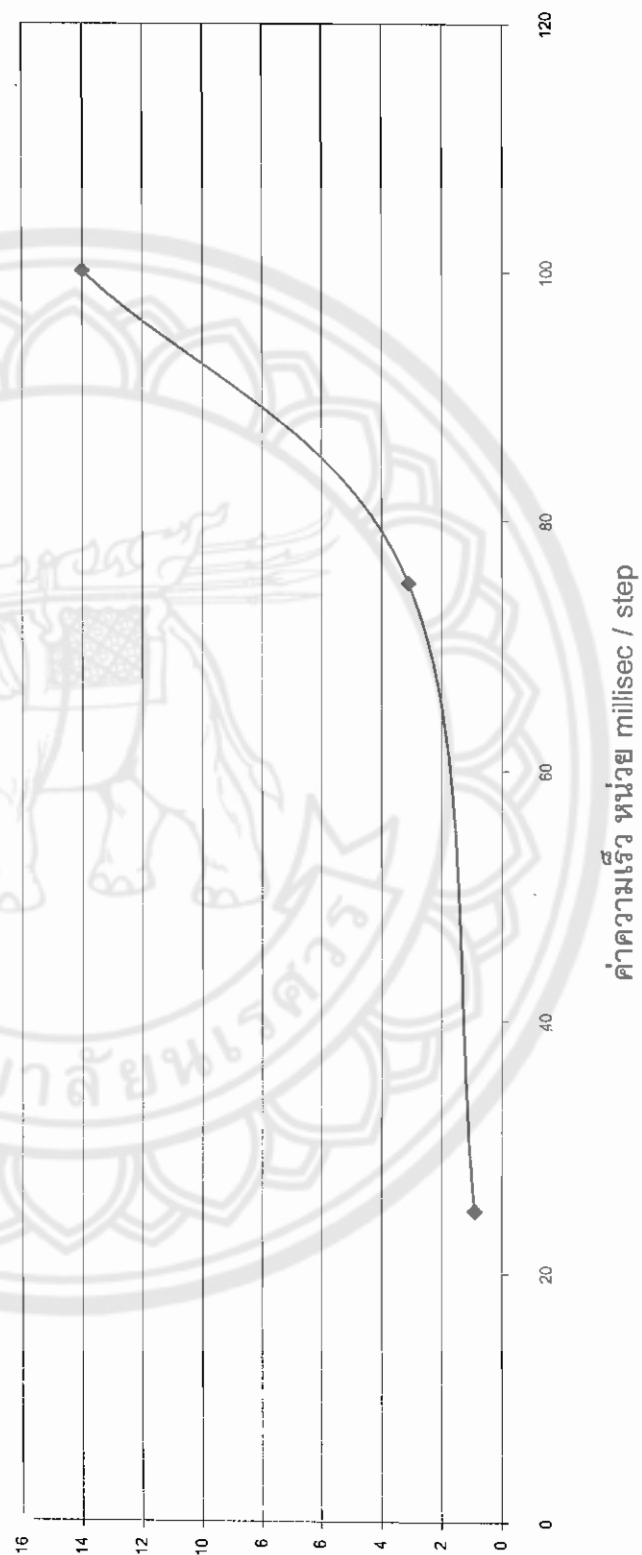
กราฟที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดในแต่ละแกนกับความเร็ว



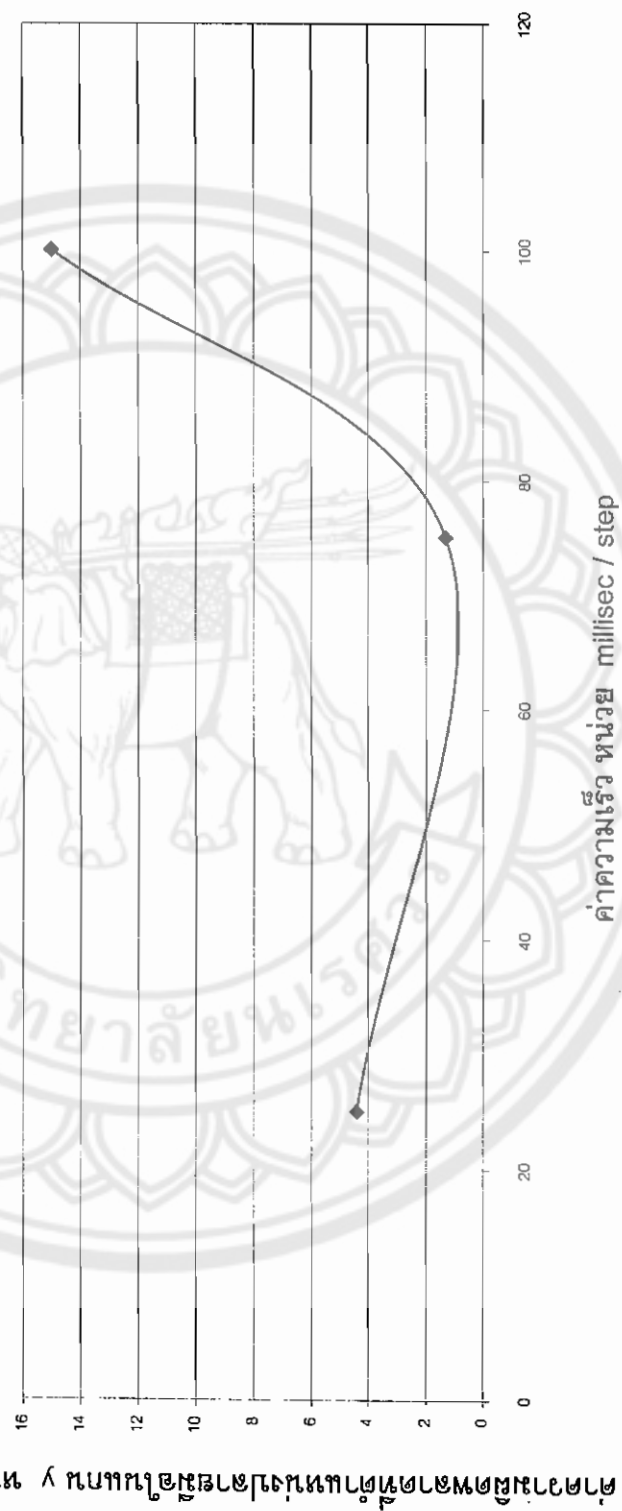
กราฟที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดในแกนต่าง ๆ กับค่าความเร็ว เมื่อเปลี่ยนค่า องศาในแกนที่ 1 2 และ 4 เป็น 60 องศาแต่ แกนที่ 3 เป็น 18 องศา



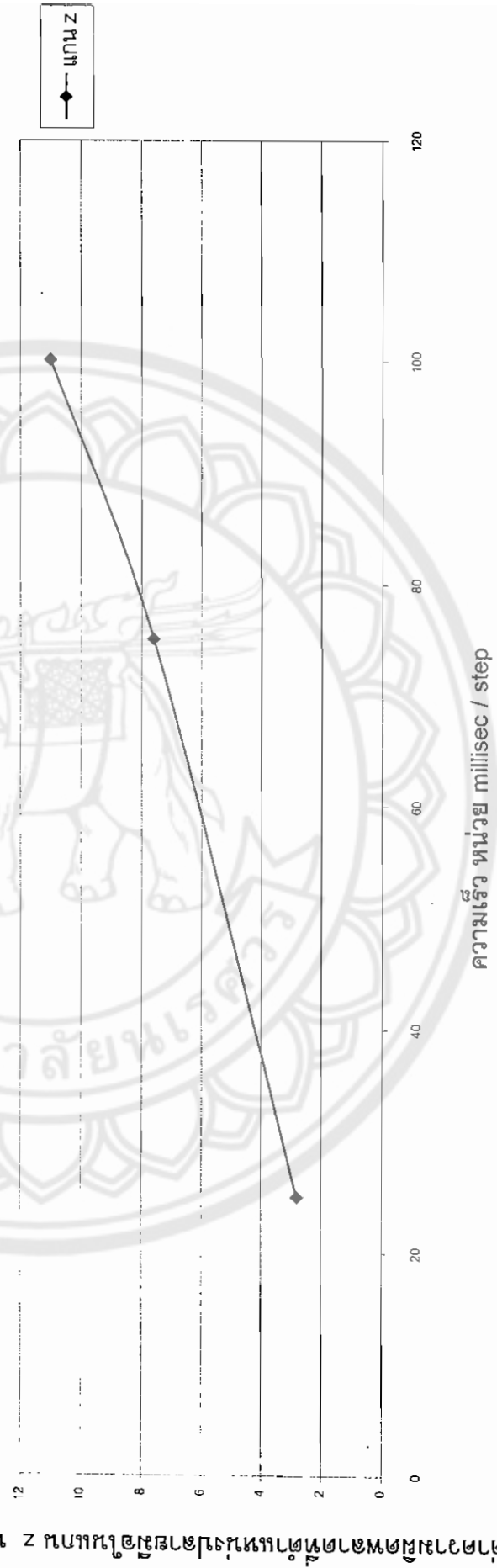
กราฟที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความผิดพลาดในแกน x กับค่าความเร็ว



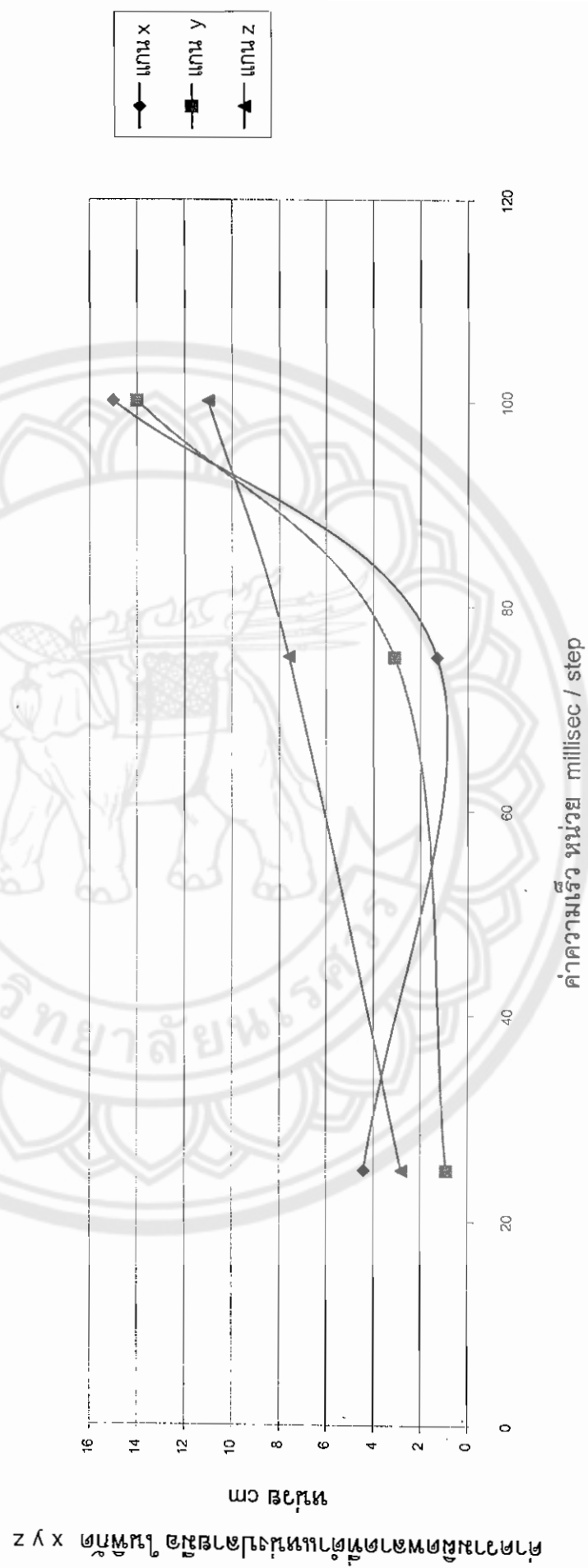
กราฟที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดในแกน y กับค่าความเร็ว



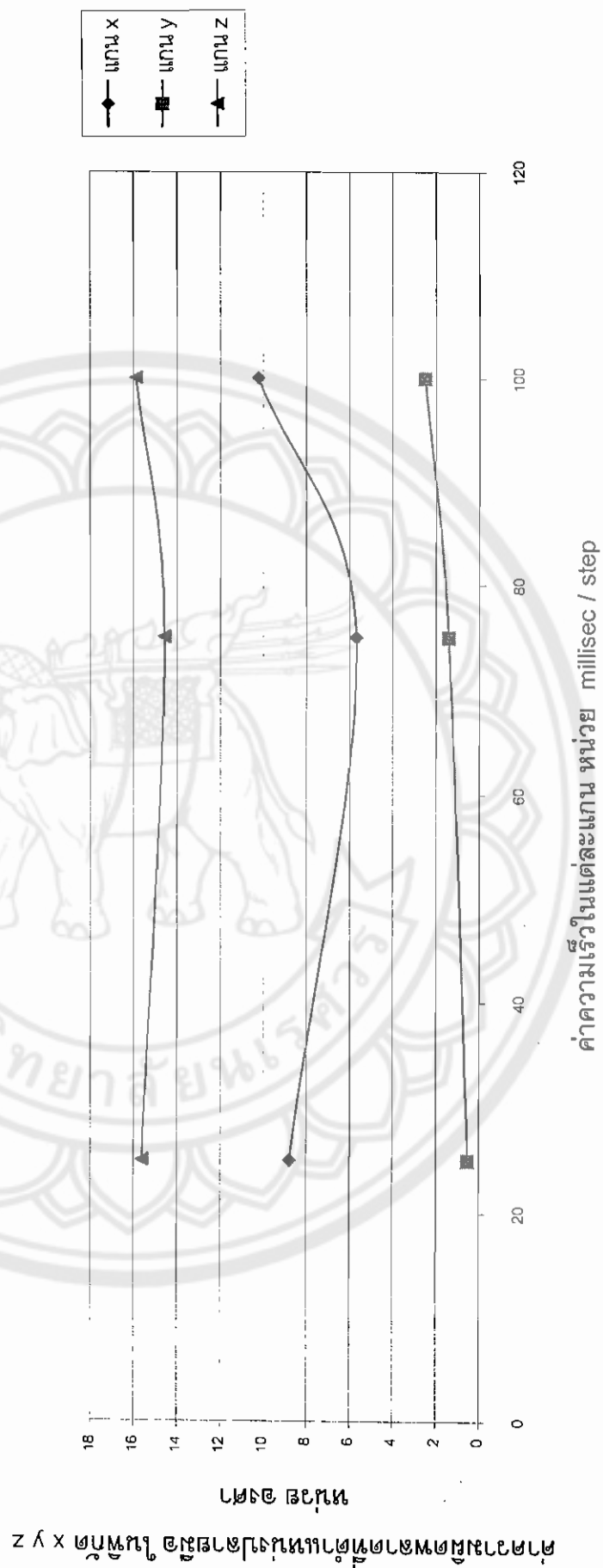
กราฟที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดในแกน z กับ ค่าความเร็ว



กราฟที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดที่ตำแหน่งปลายมือ ในพิกัด x y z กับ ค่าความเร็ว
ในแต่ละแกน



กราฟที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดที่ตำแหน่งปลายมือ ในพิกัด x y z กับค่าความเร็วในแต่ละแกน



หมายเหตุ

ค่า $(x_1 \ y_1 \ z_1)$ คือ ค่าตำแหน่งปลายมือที่ ความเร็ว 75 มิลลิวินาที ต่อ สเต็ป

ค่า $(x_2 \ y_2 \ z_2)$ คือ ค่าตำแหน่งปลายมือที่ ความเร็ว 25 มิลลิวินาที ต่อ สเต็ป

ค่า $(x_3 \ y_3 \ z_3)$ คือ ค่าตำแหน่งปลายมือที่ ความเร็ว 100 มิลลิวินาที ต่อ สเต็ป

ค่า $(x_0 \ y_0 \ z_0)$ คือ ค่าตำแหน่งปลายมือทางทฤษฎี หรือ ตำแหน่งที่ต้องการ

ค่า $(x_{1.1} \ y_{1.1} \ z_{1.1})$ คือ ค่าตำแหน่งปลายมือที่ ความเร็ว 25 มิลลิวินาที ต่อ สเต็ป

ค่า $(x_{2.1} \ y_{2.1} \ z_{2.1})$ คือ ค่าตำแหน่งปลายมือที่ ความเร็ว 75 มิลลิวินาที ต่อ สเต็ป

ค่า $(x_{3.1} \ y_{3.1} \ z_{3.1})$ คือ ค่าตำแหน่งปลายมือที่ ความเร็ว 100 มิลลิวินาที ต่อ สเต็ป

ค่า $(x_{0.1} \ y_{0.1} \ z_{0.1})$ คือ ค่าตำแหน่งปลายมือทางทฤษฎี หรือ ตำแหน่งที่ต้องการ

