

การสร้างชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุม การเคลื่อนที่ของบอลสกรู

The Creation of a Set of Experiment for Ball Screw Motion Control Program

ประพรรณ เกษหอม¹ สุนทร ก้องสินธุ์² ณัฐวิรัช สุขสง³

Prapan Kethom¹ Soontorn Kongsintu² Nattawich Sukson³

^{1,2,3} อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีเมคคาทรอนิกส์ สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร

E-mail: prapan.kethom@gmail.com

Received : 2020-05-02 Revised : 2020-05-19 Accepted : 2020-05-22

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู และ 3) เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุมที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุม จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้คือชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรูที่สร้างขึ้น และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุมที่มีต่อชุดทดลอง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัยในการจัดสร้างชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู โดยทำการทดสอบหาประสิทธิภาพ พบว่า สามารถทำงานได้ตามขอบเขตระยะการเคลื่อนที่ที่กำหนดจำนวน 20 ครั้ง โดยใช้ไดอัลเกจได้อย่างมีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 100 เปอร์เซ็นต์ และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุมที่มีต่อชุดทดลอง พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ที่ 3.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ที่ 1.33 จึงสามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง

คำสำคัญ: ชุดทดลองควบคุมการเคลื่อนที่



Abstract

The objectives of the research were 1) to create a set of experiment for ball screw motion control program, 2) to test the efficiency of the experimental set for a ball screw motion control program, and, 3) to study the satisfaction of the control system experts towards a set of experiment for a ball screw motion control program. The sample consisted of 20 control system experts. The tools used were a set of experiment for a ball screw motion control program developed and the satisfaction questionnaire. The statistics used included mean ($\bar{X}$) and standard deviation (SD).

The results of the research were as followed: by testing the efficiency of the experimental set for a ball screw motion control program created, it was found that it could work within the specified range of motion 20 times by using dial gauge with the efficiency and 100 percent accuracy. Regarding the results of the expert evaluation on the experimental set found that in overall it was at a moderate level that the satisfaction mean was 3.26 and the standard deviation of 1.337. Therefore, it could be concluded that the motion control programming experiment set up could be put into practice.

Keywords: Motion control experiment set.

1. บทนำ

สาขาวิชาเทคโนโลยีเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาพื้นฐานในสามด้าน ได้แก่ งานด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ งานด้าน เครื่องกลและงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ [1] การ จัดการเรียนการสอนที่ใช้ ทั้งทฤษฎีควบคู่กับการ ปฏิบัติจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาอย่าง ถ่องแท้และสอดคล้องกับงานด้านอุตสาหกรรมจริง ขณะเดียวกันหากมีการบูรณาการประยุกต์ใช้ศาสตร์ หลายๆ ด้านเข้าด้วยกัน ในการเรียนการสอนก็จะเป็น ประโยชน์มากขึ้น ตัวอย่างที่ชัดเจนที่สุดคือรายวิชา หุ่นยนต์อุตสาหกรรม วิชาการเขียนโปรแกรมควบคุม ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยลักษณะของ เนื้อหาวิชา เป็นวิชาที่ผู้เรียนจะต้องประยุกต์ใช้วิชา ด้านเครื่องกล อิเล็กทรอนิกส์ และการโปรแกรม

เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลหุ่นยนต์ไปยัง เป้าหมายที่ต้องการ ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้รายวิชา ทั้งสามด้านดังที่กล่าวมาและบูรณาการความรู้ในการ ออกแบบและทดสอบระบบให้การเคลื่อนที่ของ หุ่นยนต์ไปสู่เป้าหมายได้อย่างแม่นยำ [2] แต่ทั้งนี้ ในแง่ของการเรียนการสอนที่จะต้องบูรณาการศาสตร์ หลายด้านเข้าด้วยกันนั้น ผู้สอนจะต้องมีการเรียง ลำดับความยากง่ายของเนื้อหาตลอดจน ต้องให้ผู้เรียน ได้มีส่วนร่วมในการทดลองปฏิบัติการกับชุดทดลอง จริง จึงจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น และหากผู้เรียนสามารถหลอมรวมความรู้เพื่อต่อยอด เป็นนวัตกรรมและขยายเป็นงานวิจัยได้ก็จะเป็นผลดี ต่อทั้งตัวผู้เรียนเอง และประเทศชาติ ดังตัวอย่างของ การจัดทำยุทธศาสตร์การพัฒนาขีดความสามารถใน

การแข่งขันของกลุ่มประเทศยุโรป [3] ที่เน้นการพัฒนาความรู้ให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์ แต่ทั้งนี้ในทางปฏิบัติ หากชุดประลองมีราคาสูงจนเกินไป ไม่สามารถจัดหาไว้ใช้ในการเรียนการสอนได้ ก็จะเป็นอุปสรรคที่ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เข้ากับงานที่มีความสลับซับซ้อนได้ ดังนั้นการนำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลมาประยุกต์ใช้กับงานด้านการควบคุม จะช่วยลดอุปสรรคดังกล่าวได้เป็นอย่างดี [4]

ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม และได้มีการใช้เครื่องจักรเข้ามาทำงานแทนแรงงานคนเพื่อความแม่นยำ รวดเร็ว งานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงพัฒนาเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมขึ้นเพื่อช่วยทำงานแทนมนุษย์ในงานดังกล่าว ซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิด โดยเฉพาะการใช้งานกับชิ้นงานที่ต้องการความละเอียดที่ระดับไมครอนแล้ว ยังต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความละเอียดสูง และมีความแม่นยำมาก [5] ในกระบวนการผลิตในปัจจุบัน มีการใช้หุ่นยนต์กันอย่างแพร่หลาย และหน้าที่หนึ่งที่นิยมใช้หุ่นยนต์ในการทำงาน คือ การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยในขั้นตอนประกอบนั้น หุ่นยนต์มักจะทำหน้าที่หยิบชิ้นส่วนหนึ่งเข้าไปประกอบอีกชิ้นส่วนหนึ่งซึ่งเรามักเรียกหุ่นยนต์ที่ทำหน้าที่ หยิบและวาง (Pick and Place) ซึ่งในขั้นตอนนี้ส่วนที่สำคัญในกระบวนการผลิตที่ต้องจัดเตรียมคือการกำหนดตำแหน่งและแนวการวางตัว (Positioned Orientation) ของชิ้นส่วนทั้งสองต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้เท่านั้น เพราะหุ่นยนต์เองจะได้รับการสอนและโปรแกรม ให้หยิบชิ้นส่วนแรก ที่ตำแหน่งและแนววางตัวที่แน่นอน เพื่อนำไปประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่สอง ซึ่งจะมีการกำหนดตำแหน่งและแนววางตัวที่แน่นอน [6]

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและคิดสร้างชุดทดลอง

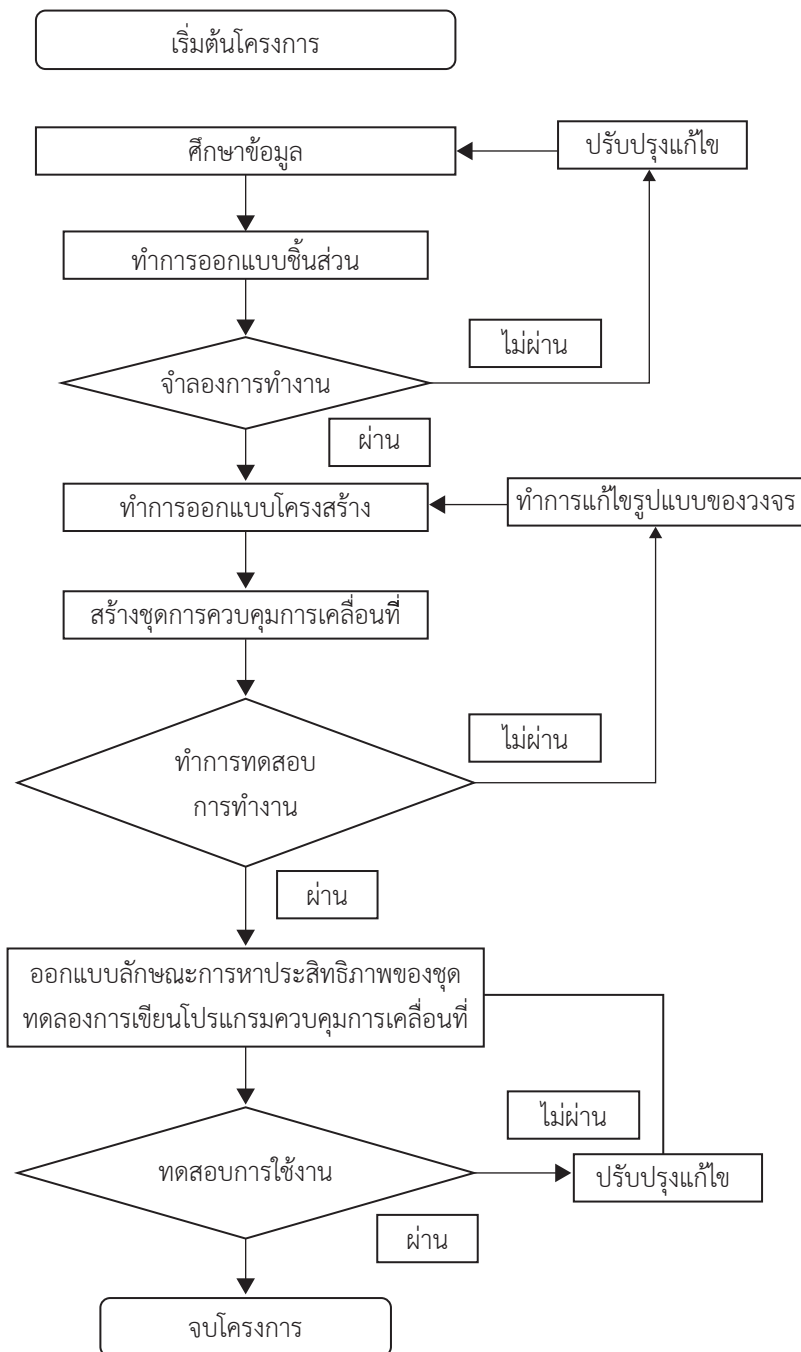
การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู เพื่อใช้เป็นชุดฝึกให้ผู้เรียนได้ฝึกเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) เพื่อเพิ่มทักษะและความสามารถของผู้เรียน และสามารถให้ผู้เรียนนำไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ในอนาคตได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู
- 2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู
- 2.3 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุมที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การสร้างชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ได้มีการวางแผน และกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานรวมถึงวิธีการดำเนินงาน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ตามขั้นตอนดังแผนภาพวิธีการดำเนินงาน

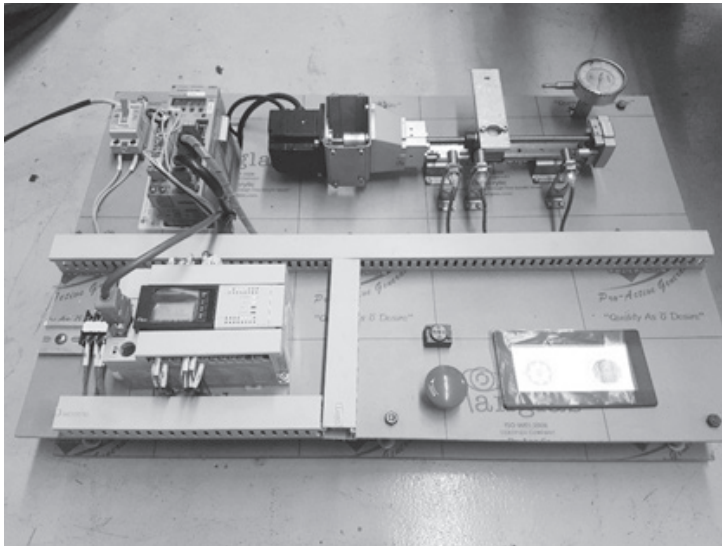


ภาพที่ 1 แสดงวิธีการดำเนินงาน

3.1 การสร้างชุดทดลอง

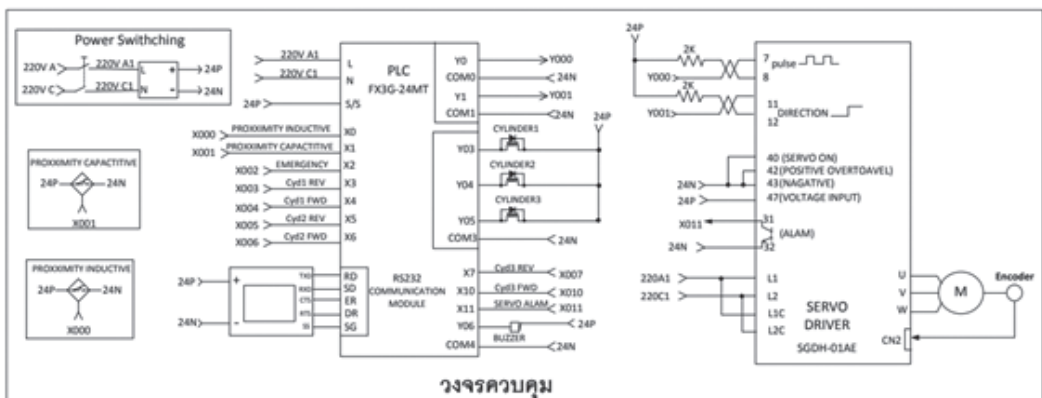
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างชุดทดลอง

- | | |
|----------------|-------------------------|
| 1) Servo Drive | 5) Dial gauge |
| 2) Servo Motor | 6) Proximity Capacitive |
| 3) PLC | 7) Proximity Inductive |
| 4) Ball Screw | 8) Touch Monitor HMI |



ภาพที่ 2 แสดงร่างชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู

3.1.2 ออกแบบวงจรควบคุม



ภาพที่ 3 แสดงการออกแบบวงจรควบคุมของชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู

3.2 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุม

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุม จำนวน 20 คน โดยเลือกแบบวิธีเจาะจง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจ

3.4 วิธีการทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ผู้วิจัยกำหนดระยะการเคลื่อนที่จากการเขียนโปรแกรมผ่านหน้าจอ HMI จำนวน 20 ครั้ง ตรวจสอบโดยใช้ dial gauge เป็นเครื่องมือวัดระยะการเคลื่อนที่

3.5 การประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ประกอบด้วย คำถามความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู จำนวน 10 ข้อ เป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการที่มีชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู เป็นแบบประเมินที่ใช้มาตรวัดแบบ Rating Scale ตามรูปแบบของ Likert Scale จำนวน 10 ข้อ โดยให้ผู้ตอบคำถามเลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว มี 5 ระดับ ใช้ระดับในการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาค (Interval) โดยมีการกำหนด เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายความว่า มากที่สุด

ระดับคะแนน 4 หมายความว่า มาก

ระดับคะแนน 3 หมายความว่า ปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายความว่า น้อย

ระดับคะแนน 1 หมายความว่า น้อยที่สุด

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการดังนี้ ผู้วิจัยนำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ให้กับผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการควบคุมจำนวน 20 คน ด้วยตนเอง และนำแบบสอบถามกลับมาวิเคราะห์ผล

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการประมวลผลค่าทางสถิติ [7] ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึง มากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึง มาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง น้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง น้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู โดยกำหนดระยะการเคลื่อนที่จากการเขียนโปรแกรมผ่านหน้าจอ HMI จำนวน 20 ครั้งตรวจสอบโดย dial gauge

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู

ครั้งที่	การกำหนดค่าระยะการเคลื่อนที่ (μm)	ค่าที่ได้ dial gauge (mm)	ผลการทดลอง
1	10	0.01	ถูกต้อง
2	20	0.02	ถูกต้อง
3	50	0.05	ถูกต้อง
4	100	0.1	ถูกต้อง
5	200	0.2	ถูกต้อง
6	500	0.5	ถูกต้อง
7	600	0.6	ถูกต้อง
8	800	0.8	ถูกต้อง
9	900	0.9	ถูกต้อง
10	1000	1	ถูกต้อง
11	1100	1.1	ถูกต้อง
12	1400	1.4	ถูกต้อง
13	1700	1.7	ถูกต้อง
14	1890	1.89	ถูกต้อง
15	1950	1.95	ถูกต้อง
16	2520	2.52	ถูกต้อง
17	2830	2.83	ถูกต้อง
18	3270	3.27	ถูกต้อง
19	3660	3.66	ถูกต้อง
20	4000	4	ถูกต้อง

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพจากชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู สามารถทำงานได้ตามขอบเขตระยะความเร็วรอบที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 100%

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู โดยกำหนดหัวข้อการประเมินจำนวน 10 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุม จำนวน 20 คน ประเมินความพึงพอใจหลังจากทดลองใช้ชุดทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงสร้าง	4.50	0.50	มาก
2. ด้านประโยชน์ของชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่	2.30	1.10	น้อย
3. ด้านความสะดวกในการใช้งาน	3.40	1.11	ปานกลาง
4. ด้านการวางตำแหน่งอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	3.00	1.41	ปานกลาง
5. ด้านความปลอดภัย	3.20	1.16	ปานกลาง
6. ด้านความเหมาะสมของการออกแบบ	3.00	1.41	ปานกลาง
7. ด้านการควบคุมการทำงาน	3.30	1.41	ปานกลาง
8. ด้านความประณีตและสวยงาม	3.30	1.17	ปานกลาง
9. ด้านความถูกต้องของวงจรควบคุม	3.30	1.41	ปานกลาง
10. ด้านความเหมาะสมและขนาดชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่	3.30	1.41	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	3.26	1.33	ปานกลาง

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุม จำนวน 20 คน พบว่า ในภาพรวมอยู่ที่ระดับปานกลาง ที่ค่าเฉลี่ย 3.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.33 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อ 1. ด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงสร้าง มีค่าเฉลี่ย 4.50 และ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อ 2. ด้านประโยชน์ของชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่มีค่าเฉลี่ย 2.30

5. สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การทดสอบหาประสิทธิภาพชุดทดลอง การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู สามารถทำงานได้ตามขอบเขตระยะการเคลื่อนที่ที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 100% และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุมที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.33) จึงสามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง

5.2 อภิปรายผล

การสร้างชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 100% ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ มงคล เทียนวิบูลย์ [8] เกี่ยวกับความผิดพลาดของระยะทางการเคลื่อนที่สูงสุดมีค่าไม่เกิน 5.4% ภายในระยะการเคลื่อนที่ 1.5 เมตร ด้วยความเร็วไม่เกิน 0.6 เมตรต่อวินาที และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์ [9] เกี่ยวกับการทดสอบความผิดพลาดของระยะทางการเคลื่อนที่สูงสุดมีค่าไม่เกิน 1.5% ภายในระยะทางการเคลื่อนที่ 2.0 เมตร สอดคล้องกับงานวิจัยของคมกฤษ อาซากิจ [10] ที่ได้นำเสนอไว้ว่า ระบบควบคุมแบบปรับตัวได้ สามารถประมาณค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของแขนกลในแต่ละแกนได้อย่างถูกต้อง และความผิดพลาดในการเคลื่อนที่จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ภายในเวลา 4 วินาที ส่วนการทดลองกับแขนกลจริงจะเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของแขนกลระหว่าง ระบบควบคุมแบบพีไอดี (PID) กับระบบควบคุมแบบปรับ

ตัวได้ (Adaptive) โดยใช้โปรแกรม LabVIEW เมื่อเส้นทางที่กำหนดเป็นแบบฟังก์ชันไซน์จะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่แบบระบบควบคุมแบบปรับตัวได้นั้นมีความผิดพลาดและแรงบิดที่ราบเรียบกว่าการเคลื่อนที่แบบระบบควบคุมแบบพีไอดี จึงเหมาะที่จะนำมาควบคุมเส้นทางการเคลื่อนที่มากกว่าแบบระบบควบคุมแบบพีไอดี และความผิดพลาดเชิงมุมสูงสุดไม่เกิน 2.5 องศาต่อการหมุนตัว 1 รอบ และความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของบอลสกรู ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับ สันติ หุตะมาน และคณะ[11] เกี่ยวกับชุดสาธิตที่สร้างขึ้นช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวัดผลตอบสนองตลอดจนสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ Kp และ Kd จากโปรแกรมแมทแล็บ ให้มีผลการตอบสนองของระบบสอดคล้องกับทฤษฎีการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี และผลประเมินความพึงพอใจจากผู้เรียนต่อชุดสาธิต อยู่ในระดับดี เช่นกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่มีระบบ PLC ในการควบคุมการเคลื่อนที่ที่เกี่ยวข้องกับการวัดค่าความละเอียดเป็นหน่วย (μm)

5.3.2 ควรนำไปปรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวัดระยะหรือวัดขนาดที่มีความละเอียดสูง

5.3.3 ควรนำโปรแกรมแมทแล็บมารวมด้วยก็จะช่วยให้ชุดทดลองมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

5.3.4 การหามุมองศาของสกรู เพิ่มโดยใช้วิธีตรวจจ็ปรูปร่างของภาพแฉกสกรูเพื่อเปรียบเทียบภาพที่มุมองศาอ้างอิงเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล

5.3.5 ในการวิจัยนี้ควบคุมตำแหน่ง 1 แกน สามารถพัฒนาตำแหน่ง 3 แกนได้



เอกสารอ้างอิง

- [1] Stefan Kozak. (2016). Multidisciplinary Approach and Dual Education in Control Engineering for Mechatronics. International Federation of Automatic Control (IFAC), Science Direct IFAC-Paper On Line. 49-6.
- [2] Oleg I. Borisov, Vladislav S. Gromov.et al. (2016). Manipulator Tasks in Robotics Education. International Federation of Automatic Control (IFAC), Science Direct IFAC-Paper On Line. 49-6.
- [3] Dache Liliana and Pop Silvia Florina. (2015). Education, Knowledge and Innovation from Mechatronics Perspective. Procedia-Social and Behavioral Sciences 203, p.205-209.
- [4] F.A. Candelas, et al. (2015). Experiences on using Arduino for Laboratory Experiments of Automatic Control and Robotics. International Federation of Automatic Control (IFAC), Science Direct IFAC-Paper On Line 48-29.
- [5] ไกรสร รวยป้อม และดนัย ทองชวัช. (2556). เครื่องให้อาหารกึ่งอัตโนมัติแบบรางเลื่อน. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. 6 (1): 63-69
- [6] พันศักดิ์ เนระแก. (2558). การออกแบบหุ่นยนต์แบบหยิบและวางที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [7] รวีวรรณ ชินะตระกูล, (2542), [ออนไลน์], วิธีการประมวลผลค่าทางสถิติ, [สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2563], จาก http://service.nso.go.th/statstd/method3_01.html
- [8] มงคล เทียนวิบูลย์. (2542). การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [9] ณัฐดนัย ดัชนีวิรุฬห์. (2542). การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์เดินบนระนาบแบบขนาน. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [10] คมกฤษ อาซากิจ. (2554). การออกแบบระบบควบคุมแบบปรับตัวได้ เพื่อใช้ในการควบคุมแขนกล CRS A255 แบบ 3 แกนให้เคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนด. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [11] สันติ หุตะมาน วัชรินทร์ โพธิ์เงิน พรจิต ประทุมสุวรรณและ สมนึก ฮวบเอี่ยม. (2559). การพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมแขนกล 1 องศาอิสระ ด้วยวิธี Model-based Portion โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับโปรแกรมแมทแลบ. ในการประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 9. (24 พฤศจิกายน 2559). คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 111-116