รายงานการวิจัย

การพัฒนาชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่า เคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางสำหรับการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์

The Development of the Demonstration Set on 4 Degrees of Freedom SCARA Industrial Arm Robot for Robot Engineering Teaching and Learning

ธีรพงษ์ ฉิมเพชร

สมคิด สุทธิศักดิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางสำหรับการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์ ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้ และคณะผู้บริหารเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อมูลเพื่อใช้ในการประกอบการจัดทำวิจัย

การดำเนินการวิจัยมิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้หากปราศจากความร่วมมือของคณาจารย์ในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้การสนับสนุนการใช้อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ต่างๆ ในการพัฒนา รวมถึงสถานที่ในการดำเนินการจัดทำวิจัยจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ตลอดจนส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา และขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ธีรพงษ์ ฉิมเพชร
สมคิด สุทธิศักดิ์
พฤษภาคม 2565

การพัฒนาชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางสำหรับการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์

ธีรพงษ์ ฉิมเพชร สมคิด สุทธิศักดิ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่ 4 ดีกรีอิสระ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ชุดหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วยแขนโลหะแบบขนาน 2 ส่วนที่ถูกขับเคลื่อนด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ สามารถหยิบจับชิ้นงานผิวเรียบได้ด้วยหลักการดูดแบบสุญญากาศ ควบคุมการเคลื่อนที่ได้จากตัวควบคุมภายนอก เช่น พีแอลซี ชุดหุ่นยนต์แขนกลสามารถเคลื่อนที่ได้ 4 ดีกรีอิสระ มีระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกน X เท่ากับ 200 มิลลิเมตร และแกน Y เท่ากับ 400 มิลลิเมตร สามารถยกชิ้นงานได้ไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัมและมีระยะในการยกสูงสุดเท่ากับ 200 มิลลิเมตร ผลการทดสอบการเคลื่อนที่หุ่นยนต์แขนกลพบว่าสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 20 มิลลิเมตรต่อวินาที และมีระยะความผิดพลาดในการวางตำแหน่งชิ้นงานผิดพลาดน้อยกว่า ± 2 มิลลิเมตร สรุปได้ว่าชุดหุ่นยนต์แขนกลมีประสิทธิภาพในการทำงานระดับดี และสามารถพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ด้านสื่อการเรียนการสอนต่อไป

คำสำคัญ: หุ่นยนต์แขนกล, พีแอลซี, สคาร่า

อาจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา

The Development of the Demonstration Set on 4 Degrees of Freedom SCARA Industrial Arm Robot for Robot Engineering Teaching and Learning

Teerapong Chimphet Somkid Suttisak

Abstract

This research paper presents the design and development of 4 degrees of freedom SCARA industrial arm robot. The purpose of this study was to test for the efficiency of the robot's movement. The robot unit consists of two parallel metal arms driven by a stepping motor. This machine uses the vacuum principle to handle flat surfaces and the movement of the object can be controlled from an external controller such as PLC.The robotic arm can move in 4 d.f. with a distance of 200 mm in the X-axis and 400 mm in the Y-axis and can be lift workpiece at least 2 kg with a maximum lifting distance of 200 mm. The results of displacement testing showed that its can move at a maximum speed of 20 millimeters per second with an error less than of ± 2 mm in the positioning of the workpiece. In summary, this robot unit has good performance and can be developed into a product for teaching materials in the future.

Keyword : SCARA arm robot, PLC, SCARA

.....

Faculty of Engineering . Rajamangala University of Srivijaya, Maung , Songkhal.

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง จ

สารบัญภาพ ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

2.1 แนวคิดนวัตกรรมการศึกษา 8

2.2 ทฤษฎีหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรม 13

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสาธิต 15

2.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 18

2.5 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์แขนกล 19

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและสร้างชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง 21

3.2 หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่ 4 ดีกรีอิสระ 23

3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง 26

3.4 การหาประสิทธิภาพของการใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษา 28

สารบัญ(ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรม แบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง 39

4.2 ทดสอบหาประสิทธิภาพของการใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรม แบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษา 41

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน 43

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรม แบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง 45

5.2 ประสิทธิภาพของการใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรม แบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับการเรียนการสอน 45

5.3 ความพึงพอใจของนักศึกษาที่ผ่านกระบวนการการเรียนการสอนโดยใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง 46

5.4 ข้อเสนอแนะ 46

บรรณานุกรม 47

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเฉพาะของหุ่นยนต์แขนกลแบบสคาร่าเคลื่อนที่ 4 ดีกรีอิสระ 26

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมกับวัตถุประสงค์ 30

ตารางที่ 3 วิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์ 33

ตารางที่ 4 ผลการทดลองการวางวัตถุตามตำแหน่ง 39

ตารางที่ 5 คะแนนและประสิทธิภาพของชุดทดลอง ที่ได้จากการเก็บ คะแนนระหว่างเรียนด้วยแบบฝึกหัด ของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 12 คน 42

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์และหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง 43

ตารางที่ 7 ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง 44

สารบัญภาพ

หน้าที่

ภาพที่ 1.1 ความต้องการแรงงานในปี พ.ศ. 2562 – 2566 2
ภาพที่ 2.1 Articulate Robot 13
ภาพที่ 2.2 Linear Robot 14
ภาพที่ 2.3 Cylindrical Robot 14
ภาพที่ 2.4 Polar Robot 15
ภาพที่ 2.5 SCARA Robot 15
ภาพที่ 3.1 การออกแบบหุ่นยนต์แขนกลแบบสคาร่า 22
ภาพที่ 3.2 ไคเนเมติกส์ของหุ่นยนต์ 23
ภาพที่ 3.3 การประกอบแขนหุ่นยนต์ 23
ภาพที่ 3.4 การติดตั้งกระบอกสูบนิวเมติกส์ส่วนปลายของแขนกลและต้นกำลัง 24
ภาพที่ 3.5 การติดตั้งต้นกำลังในการขับเคลื่อนแขนกล 24
ภาพที่ 3.6 วงจรไฟฟ้าสำหรับการเชื่อมต่อชุดหุ่นยนต์แขนกลสคาร่ากับอุปกรณ์ควบคุมภายนอก 25
ภาพที่ 3.7 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมกับหุ่นยนต์แขนกลสคาร่า 27
ภาพที่ 3.8 การใช้คำสั่งในการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบสคาร่า 27
ภาพที่ 3.9 การกำหนดตารางงานเพื่อควบคุมหุ่นยนต์แขนกลสคาร่า 28
ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล 37
ภาพที่ 4.1 การสอนการใช้คำสั่งควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง 41

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ตามที่รัฐบาลมีนโยบายประเทศไทย 4.0 โดยกำหนด 10 อุตสาหกรรมเป้าหมายเป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่ออนาคต (New Engine of Growth) [1] หนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมอนาคต (New s-curve) ที่เข้ามามีบทบาทในการเพิ่มประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ คือ อุตสาหกรรมหุ่นยนต์เพื่อการอุตสาหกรรม (Robotics) โดยภาครัฐเชื่อมั่นว่าการพัฒนาอุตสาหกรรมหุ่นยนต์จะช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของไทยให้พ้นจากประเทศที่มีรายได้ปานกลางขั้นต่ำ มาสู่การเป็นประเทศที่มีรายได้ขั้นสูง ซึ่งการผลักดันคลัสเตอร์หุ่นยนต์ถือเป็นอีกหนึ่งนโยบายเร่งด่วนที่ประเทศกำลังให้ความสำคัญอย่างมากในขณะนี้ และจากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน [2] หรือ บีโอไอ พบว่ากว่า 50% ของตัวเลขขอรับการส่งเสริมการลงทุนเกี่ยวกับหุ่นยนต์และออโตเมชั่นจะอยู่ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก หรือ อีอีซี ส่วนที่เหลือจะกระจายอยู่ทั่วประเทศ ซึ่งแนวโน้มหุ่นยนต์ที่เข้ามามีบทบาทมากที่สุดได้แก่ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมยานยนต์ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้านพลังงาน หุ่นยนต์อุตสาหกรรมอาหาร และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับโลจิสติกส์

เมื่อประเทศไทยกำลังขับเคลื่อนเศรษฐกิจไปข้างหน้า การพัฒนากำลังคนให้ตรงกับความต้องการของอุตสาหกรรมเป้าหมายจึงถือเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่ง กำลังคนในส่วนนี้จะเกิดมาจากแรงงานในสถานประกอบการและนักศึกษาที่ต้องปรับตัวและพัฒนาทักษะความรู้ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดดจนเป็นแรงงานฝีมือชั้นสูงรองรับเทคโนโลยีและนวัตกรรมสมัยใหม่ ข้อมูลจากกระทรวงแรงงาน[3] ที่ได้ทำการศึกษาความต้องการแรงงานในพื้นที่อีอีซี พบว่า ความต้องการแรงงานของกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกในช่วง 5 ปี (2562-2566) มีความต้องการแรงงาน จำนวน 475,667 อัตรา ในที่นี้มีความต้องการแรงงานด้านอุตสาหกรรมหุ่นยนต์เพื่อการอุตสาหกรรมเป็นจำนวน 37,526 อัตรา สามารถแสดงข้อมูลดังภาพที่ 1 ดังนั้นการพัฒนาทักษะให้กับแรงงานตามความต้องการของ 10 อุตสาหกรรมเป้าหมายจึงถือเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่ทุกฝ่ายต้องร่วมมือกันทั้งภาครัฐ เอกชนและสถาบันการศึกษา

ภาพที่ 1.1 ความต้องการแรงงานในปี พ.ศ. 2562 – 2566 [3]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เป็นหน่วยงานที่ผลิตกำลังคนที่สอดรับกับนโยบายของรัฐบาลภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 และนโยบายผลิตกำลังคนของประเทศเพื่อรองรับนโยบาย (Thailand 4.0) ซึ่งมุ่งสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม เป็นกลไกในการขับเคลื่อนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนางานวิจัยในมหาวิทยาลัยและภาคอุตสาหกรรมตามกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายของรัฐบาล อีกทั้งยังเป็นสถานศึกษาที่ผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ โดยมีการผลิตบัณฑิตที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมหุ่นยนต์เพื่อการอุตสาหกรรม ได้แก่หลักสูตร วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น การผลิตบัณฑิตในแต่ละปีนั้นจะเป็นการป้อนคนเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมพื้นฐานของประเทศ ซึ่งบัณฑิตส่วนใหญ่ยังไม่เป็นที่ต้องการของภาคแรงงานด้านอุตสาหกรรมหุ่นยนต์มากนัก อันเนื่องจากการเรียนการสอนที่ยังขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ด้านอุตสาหกรรมหุ่นยนต์เป็นอย่างมากทำให้นักศึกษาขาดพื้นฐานในส่วนนี้ หากสามารถจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ด้านอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ศึกษา ให้นักศึกษาได้เรียนรู้และเกิดการปฏิบัติจริง จนเกิดการต่อยอดความความรู้เดิมที่ศึกษาอยู่ นับว่าเป็นการเปิดโอกาสในการประกอบอาชีพและทางสถาบันการศึกษาแห่งนี้ก็จะเป็นส่วนหนึ่งในการผลิตกำลังคนด้านอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ให้กับประเทศอีกทางหนึ่ง

ดังนั้นงานวิจัยการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างเครื่องมือที่เป็นนวัตกรรมการศึกษาสมัยใหม่ เพื่อประโยชน์ด้านการเรียนการสอนต่อนักศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จนทำให้นักศึกษาเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีความพร้อมด้านกำลังคนในงานหุ่นยนต์เพื่อการอุตสาหกรรมตามความต้องการของตลาดแรงงาน ตลอดจนเพื่อเป็นเครื่องมือในการบริการวิชาการแก่บุคลากรภายในและภายนอกต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อออกแบบและสร้างชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง
- เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง
- เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของการใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษา
- เพื่อทดสอบหาความพึงพอใจของนักศึกษาที่ผ่านกระบวนการการเรียนการสอนโดยใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับเป็นนวัตกรรมการต้นแบบชิ้นงานสำหรับการเรียนการสอนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ขอบเขตด้านเนื้อหาของการวิจัย

การศึกษาวิจัย ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับเป็นนวัตกรรมการต้นแบบชิ้นงานสำหรับการเรียนการสอนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม ทำการทดสอบหาคุณภาพและประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัยที่เป็นต้นแบบชิ้นงาน 2 วิธี คือ การทดสอบโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ และการทดสอบจากการนำไปใช้สำหรับการเรียนการสอน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ขอบเขตด้านเนื้อหาของชุดสาธิต

การออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่า มีความสามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระ 4 ทิศทาง และสามารถรองรับโหลดได้ไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัม มีความแม่นยำในการเคลื่อนที่แบบซ้ำที่เดิมในช่วง ± 2 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม จำนวน 1 เครื่อง

ขอบเขตด้านประชากรของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ลงทะเบียนในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 24 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ลงทะเบียนในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 12 คน

ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัยที่เป็นต้นแบบชิ้นงาน คือ ผู้เชี่ยวชาญ/อาจารย์ผู้สอน ด้านหุ่นยนต์ โปรแกรมหุ่นยนต์

ขอบเขตด้านสถานที่

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิจัย ณ สาขาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ขอบเขตด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 12 เดือน ระหว่าง 1 ตุลาคม 2563 ถึง 30 กันยายน 2564

เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องมือวิจัยที่เป็นต้นแบบชิ้นงาน คือ ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
   2.1 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามในใบงานกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ
   2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม
   2.3 แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม เรื่องชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง, ความพึงพอใจของผู้เรียน

รูปแบบในการหาประสิทธิภาพชุดสาธิต

1. การทดสอบหาประสิทธิภาพชุดสาธิต
2. การทดสอบหาประสิทธิภาพชุดสาธิต จากการนำไปใช้สำหรับการเรียนการสอน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง จำนวน 1 ตัว
2. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง
3. ได้ชุดสาธิตสำหรับการเรียนการสอนในการพัฒนาองค์ความรู้ให้กับนักศึกษาตามนโยบายผลิตกำลังคนของประเทศเพื่อรองรับนโยบาย (Thailand 4.0)
4. ได้ชุดสาธิตในการบริการวิชาการแก่บุคคลภายนอกหรือหลักสูตร Non degree ด้านหุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ

1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

ถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายด้วยวิธีการ

- การเรียนการสอนสาขาที่เกี่ยวข้องในระดับปริญญาตรีขึ้นไป
- การจัดอบรมให้แก่ผู้สนใจ เช่น ช่างเทคนิค วิศวกร หรือ นักศึกษาที่สนใจแต่ศึกษาไม่ตรงสาย
- การตีพิมพ์ผลงานในระดับชาติหรือนานาชาติ

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. ศึกษาค้นคว้าหนังสือ เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

2. ออกแบบและสร้างต้นแบบชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

3. ประเมินผลคุณภาพและประสิทธิภาพความเหมาะสมของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

4. พัฒนาร่างต้นแบบชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

5. นำชุดสาธิตปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักศึกษารายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม

6. ทดสอบประสิทธิภาพชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางกับนักศึกษา โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม

7. ประเมินผลความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

8. สรุปผลการทดลอง

9. เขียนบทความตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

10. เขียนสรุปโครงการวิจัย

1.7 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

กิจกรรม	เดือนที่											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาโครงสร้าง การออกแบบ การควบคุมหุ่นยนต์แขนกล SCARA งานวิจัย หรือหน่วยงานในประเทศที่เกี่ยวข้อง												
2. ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกล SCARA												
3.ประเมินผลคุณภาพและประสิทธิภาพความเหมาะสมของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง												
4. พัฒนาร่างต้นแบบชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง												
5. นำชุดสาธิตปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักศึกษารายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม												
6. ทดสอบประสิทธิภาพชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางกับนักศึกษา โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม												
7.ประเมินผลความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง												
8.สรุปผลการทดลอง												
9.เขียนสรุปโครงการวิจัย												

บทที่ 2
ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

2.1 แนวคิดนวัตกรรมการศึกษา

ความหมายของนวัตกรรมการศึกษา

นวัตกรรมการศึกษา คือ สิ่งที่เกิดจากการใช้ความรู้ในศาสตร์สาขาต่าง ๆ อย่างบูรณาการ เพื่อประดิษฐ์สร้างสรรค์สิ่งใหม่ให้เกิดขึ้นเพื่อประโยชน์ทางสังคมและเศรษฐกิจ มีนักวิชาการได้ให้ความหมาย ดังนี้

สมบูรณ์ สงวนญาติ ให้ความหมายไว้ว่า นวัตกรรมทางการศึกษา หมายถึง วิธีการปฏิบัติใหม่ ๆ ในทางการศึกษา ซึ่งแปลกไปจากเดิมอาจได้มาจากการค้นพบวิธีใหม่ ๆ หรือ ปรับปรุงของเก่าให้เหมาะสม โดยได้มีการทดลอง พัฒนา จนเป็นที่น่าเชื่อถือได้ว่า มีผลดีในทางปฏิบัติ และสามารถทำให้ระบบการศึกษาดำเนินไปสู่เป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิดานันท์ มลิทอง ให้ความหมายไว้ว่า นวัตกรรมการศึกษา หมายถึง นวัตกรรม ที่ช่วยให้การศึกษาและการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ได้อย่าง รวดเร็ว มีประสิทธิผลสูงกว่าเดิม เกิดแรงจูงใจในการเรียนด้วยนวัตกรรมเหล่านั้น และประหยัดเวลาใน การเรียนได้อีกด้วย ในปัจจุบันมีการใช้นวัตกรรมการศึกษามากมายหลายอย่างซึ่งมีทั้งนวัตกรรมที่ใช้ กันแพร่หลายแล้วและประเภทที่ กำลังเผยแพร่ เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้แผ่นวีดิทัศน์ เชิงโต้ตอบ สื่อหลายมิติ และอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

บุญเกื้อ ควรหาเวช ให้ความหมายไว้ว่า นวัตกรรมทางการศึกษา คือ ความคิดและการระทำใหม่ ๆ ในระบบการศึกษาที่ได้รับการพิสูจน์ว่าดีที่สุดในสภาพปัจจุบัน เพื่อส่งเสริมให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ทัศนา แขมมณี ให้ความหมายไว้ว่า นวัตกรรมการศึกษา หมายถึง กระบวนการ แนวคิด หรือวิธีการใหม่ ๆ ทางการศึกษาซึ่งอยู่ในระหว่างการทดลองที่จะจัดขึ้นมาอย่างมีระบบและกว้างขวางพอสมควรเพื่อพิสูจน์ประสิทธิภาพอันจะนำไปสู่การยอมรับนำไปใช้ในระบบการศึกษาอย่างกว้างขวางต่อไป

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณา คุณภาพของนวัตกรรมการศึกษาที่เข้าร่วมโครงการนวัตกรรมการศึกษา Innovation 2007 : จาก ท้องถิ่นสู่สากล ดังนี้

1. ความเป็นนวัตกรรม โดยพิจารณาจากการเป็นผลงาน วิธีการ กระบวนการ หรือองค์ความรู้ที่ส่งผลต่อเป้าหมายอย่างมีคุณภาพ

2. กระบวนการพัฒนานวัตกรรม ได้แก่

2.1 มีการกำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมายของการนำไปใช้อย่างชัดเจน เข้าใจง่าย

2.2 การออกแบบนวัตกรรมมีความสอดคล้องกับสภาพปัญหา และความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น

2.3 การนำไปใช้ มีการดำเนินกิจกรรมของนวัตกรรมตามที่ออกแบบไว้จริง

2.4 ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการพัฒนาทั้งจากภายในและนอกหน่วยงาน

2.5 ผลที่เกิดขึ้นเกิดจากการนำนวัตกรรมไปใช้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

3. คุณค่าของนวัตกรรม พิจารณาจากหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหา หรือพัฒนาคุณภาพของกลุ่มเป้าหมาย ได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

3.2 การใช้ทรัพยากรได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับบริบทของหน่วยงาน

3.3 การเรียนรู้ร่วมกันทั้งหน่วยงาน

3.4 การนำไปใช้ง่ายและสะดวก

3.5 การยอมรับ โดยมีการเผยแพร่และการนำไปใช้ทั้งภายในและนอก หน่วยงาน

สุคนธ์ สินธพานนท์ ให้ความหมายไว้ว่า นวัตกรรมทางการศึกษา หมายถึง สิ่งใหม่ ๆ ที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนหรือพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ แนวคิด รูปแบบ วิธีการ กระบวนการ สื่อต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการศึกษา

วรวุฒิ รามจันทร์ ได้กล่าวถึงนวัตกรรมทางการศึกษาว่า มีความสำคัญในการพัฒนาคุณภาพของมนุษย์ที่มีคุณค่ามหาศาล ซึ่งแนวคิดในการเพิ่มคุณค่าของเทคโนโลยีช่วยการเรียนรู้พอจะสรุปได้ดังนี้

1. การใช้เทคโนโลยีพัฒนากระบวนการทางปัญญา กระบวนการทางปัญญา (Intellectual Skills) คือ กระบวนการที่มีองค์ประกอบสำคัญ คือ การรับรู้ต่อสิ่งเร้า (Stimulus) การจำแนกสิ่งเร้าจัดกลุ่มเป็นความคิดรวบยอด (Concept) การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดเป็นกฎเกณฑ์หลักการ(Rule) ด้วยวิธีอุปนัย (Inductive) การนำกฎเกณฑ์ หลักการไปประยุกต์ใช้ด้วยวิธีนิรนัย(Deductive) และการสรุปเป็นองค์ความรู้ ใหม่ ๆ (Generalization) ระบบคอมพิวเตอร์มีสมรรถนะสูงที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความฉลาดในกระบวนการทางปัญญานี้ โดยผู้สอนอาจจัด ข้อมูลในเรื่องต่าง ๆ ในวิชาที่สอนให้ผู้เรียนฝึกรับรู้ แสวงหาข้อมูลนำมาวิเคราะห์กำหนดเป็น ความคิดรวบยอดและใช้คอมพิวเตอร์ช่วยแสดงแผนผังความคิดรวบยอด (Concept Map) เชื่อมโยงเป็นกฎเกณฑ์ หลักการ ซึ่งผู้สอนสามารถจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนฝึกการนำกฎเกณฑ์ หลักการไปประยุกต์ จนสรุปเป็นองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล บันทึกสะสมไว้เป็นคลังความรู้ของผู้เรียนต่อไป

2. การใช้เทคโนโลยีพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง หรือถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุดนั้น เราสามารถออกแบบแผนการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีโอกาสแสดง

ความคิดสร้างสรรค์ ในการทำโครงงานแสวงหาความรู้หรือหาความรู้ในเรื่องที่ผู้เรียนสนใจหรือเพื่อแก้ปัญหา (Problem-Based Learning) การเรียนรู้ลักษณะนี้จะเริ่มต้นด้วยการกำหนด ประเด็นเรื่อง (Theme) ตามมาด้วยการวางแผนกำหนดข้อมูลหรือสาระที่ต้องการ ผู้สอนอาจจัดบัญชีแสดงแหล่งข้อมูล (Sources) ทั้งจากเอกสารสิ่งพิมพ์และจากทรัพยากรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ชื่อของเว็บ ต่าง ๆ ให้ผู้เรียนแสวงหาข้อมูล วิเคราะห์ สังเคราะห์ เป็นคำตอบ สร้างเป็นองค์ความรู้ต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือช่วย และผู้สอนเพียงช่วยกำกับผลการเรียนรู้ให้เป็นไปตามมาตรฐาน คุณภาพที่ต้องการ ทั้งนี้ผู้สอนจะมีบทบาทสำคัญในการช่วยชี้แนะทิศทางของการแสวงหาความรู้หรือแนะนำผู้เรียนให้พัฒนาความรู้ความสามารถเพิ่มขึ้นให้สอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพ ผลการเรียนรู้ที่เหมาะสมจะเป็นปัจจัยสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีช่วยการเรียนรู้ปัจจัยพื้นฐาน คือ การสร้างความพร้อมของเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีสมรรถนะและจำนวนเพียงพอต่อการใช้งานของผู้เรียน รวมถึงการอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีได้ตลอดเวลา ถือเป็นปัจจัยเบื้องต้นของการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ สิ่งที่ควรเป็นปัจจัยเพิ่มเติม ดังนี้

2.1 ผู้สอนสร้างโอกาสในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ปัจจัยที่จะผลักดันให้มีการใช้เทคโนโลยีอย่างคุ้มค่า คือ การที่ผู้สอนออกแบบกระบวนการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการทำกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้กระบวนการแสวงหาความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั้งจากการสังเกตในสถานการณ์จริง การทดลอง การค้นคว้าจากสื่อสิ่งพิมพ์และจากสื่อ อิเล็กทรอนิกส์ เช่น จากเว็บไซต์ เป็นกิจกรรมที่ต้องมีการทำ โครงงานอิสระสนองความสนใจ เป็นกิจกรรมที่ต้องฝึกปฏิบัติจากซอฟต์แวร์สำเร็จรูป เป็นกิจกรรมที่ต้องมีการบันทึก วิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอ รายงานด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2.2 ผู้สอนและผู้เรียนจัดทำระบบแหล่งข้อมูลสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ ปัจจัยด้านแหล่งข้อมูลสารสนเทศ (Information Sources) เป็นตัวเสริมที่สำคัญที่ช่วยเพิ่มคุณค่าของระบบเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน ผู้สอนและผู้เรียนควรช่วยกันแสวงหาแหล่งข้อมูลสารสนเทศที่มีเนื้อหาสาระตรงกับหลักสูตรหรือสนองความสนใจของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรวบรวมแหล่งข้อมูลสารสนเทศที่เป็น ซอฟต์แวร์ชื่อของเว็บไซต์ รวมถึงการลงทุนจัดซื้อซอฟต์แวร์จากแหล่งจำหน่าย การจ้างให้ผู้เชี่ยวชาญจัดทำหรือจัดทำพัฒนาขึ้นมาเองโดยผู้สอนและผู้เรียน

2.3 สถาบันการศึกษาต้องจัดศูนย์ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ (Learning Resources Center) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญประการหนึ่งของศักยภาพของสถาบันที่จะส่งเสริมการใช้ เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ของผู้สอนและผู้เรียน นิยมจัดไว้เป็นส่วนหนึ่งของห้องสมุด จนเกิดคำศัพท์ว่า ห้องสมุดเสมือน (Virtual Library) หรือ ห้องสมุดที่ทันสมัยจะมีคุณประโยชน์ในการมีแหล่งข้อมูล สารสนเทศเพื่อการศึกษาค้นคว้าในวิทยาการสาขาต่าง ๆ ทั้งในลักษณะสื่อสำเร็จ เช่น ซอฟต์แวร์แถบบันทึก วีดิ

ทัศน์รวมถึง CD – Rom และ CAI หรือชื่อเว็บไซต์ต่าง ๆ ซึ่งควรจัดทำระบบ Catalog และดัชนี ให้สะดวกต่อการสืบค้น

2.4 การบริการของหน่วยงานกลางทางเทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งหน่วยงานกลางด้านเทคโนโลยีควรส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีของสถาบันการศึกษาด้วยการบริการด้านข้อมูลสารสนเทศ เช่น จัดทำเอกสารรายเดือนรายงานซอฟต์แวร์ที่ออกใหม่ แจ้งชื่อเว็บไซต์ใหม่ ๆ พร้อมสาระเนื้อหาโดยย่อ จัดทำ คลังข้อมูลความรู้ (Knowledge Bank) เพื่อการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ผ่านสื่ออิเลคทรอนิกส์ หรือสื่อทางไกลผ่านดาวเทียมเพื่อเผยแพร่สนองความต้องการและความสนใจของผู้เรียนเป็นประจำ นอกจากนี้การรวบรวมผลงานของผู้สอนและผู้เรียนในการจัดกระบวนการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยี จะเป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับผู้สอนและผู้เรียนทั่วไปที่จะใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยการเรียนการสอนในการจัดการเรียนการสอนให้สัมพันธ์กับเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือ IT นั้นซึ่งการจัด T : Technology ไม่น่าสนใจ เพราะหากมีงบประมาณก็จัดหาได้และสอนให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นโดยไม่ยาก แต่สิ่งที่ขาดแคลน คือ I : Information หรือสารสนเทศ ที่จะเป็นเนื้อหาของการใช้เทคโนโลยี เพราะถ้าขาดข้อมูลสารสนเทศเพื่อใช้ในการเรียนรู้ และขาดการเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้ให้เข้ากับเทคโนโลยีสารสนเทศแล้ว ตัวระบบเทคโนโลยีก็ไร้ความหมายและสูญค่าคุณประโยชน์ ดังนั้นจึงมีความคาดหวังว่า ในอนาคตสถาบันควรจะได้พบกับความสมบูรณ์ของระบบข้อมูลสารสนเทศที่หลากหลายผนวกเป็นส่วนหนึ่งของระบบเทคโนโลยี และได้พบผลงานของผู้สอนและผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่แสดงถึงการใช้เทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการเรียนการสอน

ดังนั้น นวัตกรรมการศึกษา (Educational Innovation) คือ การนำสิ่งใหม่ๆ ซึ่งอาจจะเป็นความคิด วิธีการ หรือการกระทำหรือสิ่งประดิษฐ์ขึ้น ทั้งในส่วนที่ไม่เคยมีมาก่อน หรือเป็นการพัฒนาดัดแปลงจากสิ่งที่มีอยู่แต่เดิมให้ดีขึ้น โดยอาศัยหลักการ ทฤษฎี ที่ได้ผ่านการทดลองวิจัยจนเชื่อถือได้นำมาใช้บังเกิดผลเพิ่มพูนประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้

ประเภทของนวัตกรรมการศึกษา

สุคนธ์ สินธพานนท์ ได้กล่าวถึงนวัตกรรมทางการศึกษาว่า นวัตกรรมที่ผลิตออกมาทางด้านการเรียนการสอนมีจำนวนมากแต่สามารถจำแนกประเภทได้ ดังนี้

1. นวัตกรรมประเภทผลิตภัณฑ์หรือสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรมประเภทนี้ มีลักษณะเป็นสื่อที่ช่วยในการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีความเข้าใจกระจ่างชัดเจนในเรื่องที่เรียน หรือทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาการเรียนรู้ในทักษะด้านต่าง ๆ ได้เร็วยิ่งขึ้น นวัตกรรมประเภทนี้ ได้แก่ ชุดการเรียน/ชุดการสอน/ชุดการเรียนการสอน แบบฝึกทักษะ/ชุดการฝึก/ชุดฝึกทักษะการเรียนรู้ บทเรียนสำเร็จรูปแบบสื่อผสม/บทเรียนโปรแกรม เกม การ์ตูน นิทาน เอกสารประกอบการเรียนรู้/เอกสาร ประกอบการเรียนการสอน/เอกสารประกอบการสอน ฯลฯ

2. นวัตกรรมประเภทรูปแบบ/เทคนิค/วิธีการสอน นวัตกรรมประเภทนี้เป็นการใช้วิธีสอนหรือเทคนิคการสอนในรูปแบบต่างๆ ที่นักการศึกษาได้คิดค้นเพื่อพัฒนาการด้านการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนทั้งในด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ ซึ่งมีวิธีการสอนและเทคนิคการสอนจำนวนมาก ได้แก่ วิธีการสอนคิด วิธีสอนโดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ CIPPA MODEL วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT วิธีสอนตามแนวพุทธวิธี วิธีสอนแบบบูรณาการ วิธีสอนโครงงาน วิธีสอนโดยการตั้งคำถาม Constructivism

วรวุฒิ รามจันทร์ ได้ให้ประเภทของนวัตกรรมการศึกษา ไว้ดังนี้

นวัตกรรมด้านสื่อสารการสอน เนื่องจากมีความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ เครือข่ายและเทคโนโลยีโทรคมนาคม ทำให้นักการศึกษาพยายามนำศักยภาพของเทคโนโลยีเหล่านี้ มาใช้ในการผลิตสื่อการเรียนการสอนใหม่ ๆ จำนวนมากมาย ทั้งการเรียนด้วยตนเอง การเรียนเป็นกลุ่มและการเรียนแบบมวลชน ตลอดจนสื่อที่ใช้เพื่อสนับสนุนการฝึกอบรมผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หนังสืออิเล็คทรอนิคส์ บทเรียน CD/VCD คู่มือการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

นวัตกรรมด้านวิธีการจัดการเรียนการสอน เป็นการใช้วิธีระบบในการปรับปรุงและคิดค้นพัฒนาวิธีสอนแบบใหม่ ๆ ที่สามารถตอบสนองการเรียนรายบุคคล การสอนแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนแบบมีส่วนร่วม การเรียนรู้แบบแก้ปัญหา การพัฒนาวิธีสอนจำเป็นต้องอาศัยวิธีการและเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาจัดการและสนับสนุนการเรียนการสอน เช่น การสอนแบบร่วมมือ การสอนแบบอภิปราย วิธีสอนแบบบทบาทสมมุติ การสอนด้วยรูปแบบการเรียนเป็นคู่ เป็นต้น

นวัตกรรมด้านหลักสูตร เป็นการใช้วิธีการใหม่ ๆ ในการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่น และตอบสนองความต้องการสอนบุคคลให้มากขึ้น เนื่องจากหลักสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เพื่อให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจและสังคมของประเทศและของโลก นวัตกรรมทางด้านหลักสูตร ได้แก่ การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการ หลักสูตรรายบุคคล หลักสูตรกิจกรรมและประสบการณ์ และหลักสูตรท้องถิ่น

นวัตกรรมด้านการวัดและการประเมินผล เป็นนวัตกรรมที่ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการวัดผลและประเมินผลได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำได้อย่างรวดเร็ว รวมไปถึงการวิจัยทางการศึกษาการวิจัยสถาบัน ด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาสนับสนุนการวัดผล ประเมินผลของสถานศึกษา ครู อาจารย์ เช่น การสร้างแบบวัดต่าง ๆ การสร้างเครื่องมือ การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น แนวทางในการสร้างแบบวัดผลและประเมินผล เช่น การสร้างแบบวัดแววครู การพัฒนาคลังข้อสอบ การสร้างแบบวัดความมีวินัยในตนเอง

นวัตกรรมด้านการบริหารจัดการ เป็นการใช้นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารสนเทศมาช่วยในการบริหารจัดการ เพื่อการตัดสินใจของผู้บริหารการศึกษาให้มีความรวดเร็ว ทันเหตุการณ์ ทัน

ต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก นวัตกรรมการศึกษาที่นำมาใช้ทางด้านการบริหารจะเกี่ยวข้องกับระบบการจัดการฐานข้อมูลในหน่วยงานสถานศึกษา เช่น การบริหารเชิงระบบ การบริหารเชิงกลยุทธ์ การบริหารเชิงบูรณาการ เป็นต้น

2.2 ทฤษฎีหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรม [10]

หุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมเป็นเครื่องจักรกลอัตโนมัติอีกรูปแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบและสร้างมาเพื่อนำมาใช้ทดแทนคนในกระบวนการผลิตต่าง ๆ หรือนำมาใช้เพื่อช่วยในกระบวนการผลิตในลักษณะหุ่นยนต์ทำงานร่วมกับคน ซึ่งหุ่นยนต์ที่ถูกสร้างมานั้นมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการนำมาประยุกต์ใช้งาน สำหรับหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมนั้นสามารถแบ่งออกตามลักษณะการทำงานได้ 5 ชนิด แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันตรงลักษณะการเคลื่อนที่และความสามารถในการทำงานที่ไม่เหมือนกัน รวมไปถึงการประยุกต์ใช้งานที่ต่างกันด้วยแต่ทั้งหมดถูกสร้างขึ้นมาด้วยหลักการพื้นฐานเดียวกัน ลักษณะหุ่นยนต์อุตสาหกรรมทั้ง 5 ชนิดดังต่อไปนี้

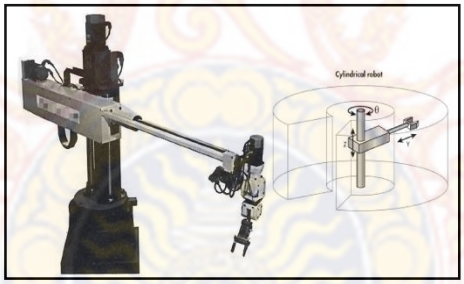
1 Articulate Robot คือ หุ่นยนต์ที่ออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับแขนของมนุษย์ตั้งแต่ช่วงหัวไหล่ไหลลงไปมีความสามารถในการทำงานและความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ในลักษณะที่คล้ายกับการเคลื่อนที่ของแขนมนุษย์หุ่นยนต์ชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการหยิบจับชิ้นงานในกระบวนการผลิต แต่ในปัจจุบันนี้หุ่นยนต์ชนิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานให้มีความสามารถมากกว่าทำงานใช้หยิบจับชิ้นงาน ไม่ว่าจะเป็นการประยุกต์ใช้ในกระบวนการงานเชื่อมโลหะต่าง ๆ งานพ่นสี หรืองาน Spot Gun ลักษณะของ Articulate Robot แสดงดังภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 Articulate Robot

2 Linear Robot คือ หุ่นยนต์ที่ทำงานบนแกนตั้งฉาก โดยสามารถทำงานได้บน 3 แกน X Y และ Z ด้วยการเคลื่อนที่แนวตรงทำให้การทำงานมีความแม่นยำสูงและออกแบบการทำงานได้ง่าย มีความแข็งแกร่งทนทานเนื่องจากมีระยะการใช้งานที่แน่นอน นิยมใช้ในการหยิบจับเพื่อทำการประกอบ เช่น การประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ หรือติดชิ้นส่วนยานยนต์ ลักษณะของ Linear Robot แสดงดังภาพที่ 2.2

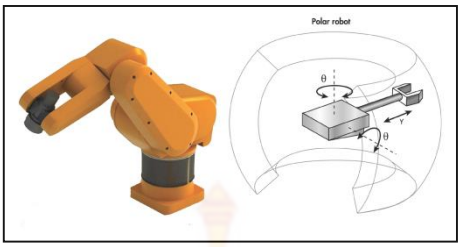
ภาพที่ 2.2 Linear Robot

3 Cylindrical Robot คือ หุ่นยนต์ที่มีข้อต่อโรตารีอย่างน้อย 1 จุดที่ฐานเพื่อทำการหมุนปรับทิศทาง แขนจับวัตถุเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยกระบอกนิวแมติก มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่มีการเปิด-ปิด หรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย (Loading) เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC นิยมใช้ในงานประกอบชิ้นส่วน วิธีการเชื่อมจุด รวมถึงการจัดการเครื่องมือกล ลักษณะของ Cylindrical Robot แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 Cylindrical Robot

4 Polar Robot คือ หุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยข้อต่อโรตารีอย่างน้อย 2 จุด และจุดเชื่อมต่อแบบขนานอย่างน้อย 1 จุด การทำงานเป็นรูปแบบตายตัว เนื่องจากมีมุมขยับและมิติองศาที่ถูกกำหนดไว้อยู่แล้วสามารถที่จะก้มลงมาจับชิ้นงานบนพื้นได้ สะดวกใช้ ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั้ม (Press) หรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding) ลักษณะของ Polar Robot แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 Polar Robot

5 SCARA Robot (Selective Compliance Assembly Robot Arm) คือ หุ่นยนต์ที่มีความโดดเด่นเรื่องความคล่องแคล่วรวดเร็วแต่มีข้อจำกัดสำหรับระยะการปฏิบัติการ มีข้อต่อขนานกัน 2 จุด เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนที่ต้องการความรวดเร็วและมีขนาดเล็ก สิ่งสำคัญสำหรับการใช้งาน SCARA คือ การออกแบบระบบที่ต้องการความแม่นยำสูงจากการคำนวณรูปแบบการทำงาน สามารถใช้งานได้ดีกับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ SCARA robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging) ลักษณะของ SCARA Robot แสดงดังภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5 SCARA Robot

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสาธิต

ความหมายของการสอนแบบสาธิต

การสอนแบบสาธิต (Demonstration Method) หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนหรือบุคคลหนึ่งใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นปรากฏการณ์และเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ [x] โดยการแสดงหรือกระทำให้ดูเป็นตัวอย่างพร้อม ๆ กับการบอกอธิบายเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ซึ่งผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้จากการสังเกตปรากฏการณ์ กระบวนการขั้นตอนการสาธิตนั้น ๆ แล้วให้ผู้เรียนได้ซักถามหรือลงมือปฏิบัติ เพื่อหาคำตอบอภิปรายและสรุปการเรียนรู้ที่ได้จากการสาธิตการ

สอนแบบสาธิตเป็นวิธีสอนที่มีประโยชน์มากโดยเฉพาะวิชาที่ต้องปฏิบัติ สามารถจำแนกประเภทของการสอนแบบสาธิตออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. ครูแสดงการสาธิตคนเดียว (Teacher Demonstration) การสาธิตแบบนี้ครูเป็นผู้เตรียมและผู้แสดงคนเดียว

2. ครูและนักเรียนช่วยกันสาธิต (Teacher Student Demonstration) ครูและนักเรียนกลุ่มหนึ่งช่วยกันสาธิต วิธีนี้ได้ผลดี เพราะนักเรียนกลุ่มนี้จะเข้าใจอย่างดีและเพื่อนฝูงที่คอยดูก็จะสนใจพวกเดียวกันแสดง

3. กลุ่มนักเรียนล้วนเป็นผู้สาธิต (Student Group Demonstration) ครูมอบให้นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการสาธิตแทนครูครูเป็นเพียง แต่ผู้ช่วยแนะนำวิธีนี้ถ้าทำได้ดีที่สุดเพราะเป็นการฝึกนักเรียนให้รู้จักหาความรู้ด้วยตนเอง แต่ต้องเลือกเด็กเข้ากลุ่มให้ดีและจะเสียเวลาในการเตรียม

4. นักเรียนคนเดียวเป็นผู้สาธิต (Individual Student Demonstration) ครูมอบให้นักเรียน คนเดียวสาธิตแทนครูครูเป็นผู้แนะนำควรให้เด็กเก่งจริง ๆ ทำการสาธิตจึงจะเกิดความมั่นใจและเกิดศรัทธาสำหรับผู้ดู

5. วิทยากรเป็นผู้สาธิต (Guest Demonstration) วิธีนี้ใช้วิทยากรที่ได้รับเชิญเป็นผู้สาธิตให้นักเรียนดูอาจเป็นอารมณ์ท่านอื่นหรือนักวิชาการหรือผู้ทรงคุณวุฒิจากสถานที่อื่น ๆ ก็ได้ซึ่งเป็นลักษณะการสาธิตประกอบการสอน

ดังนั้น วิธีสอนแบบสาธิต (Demonstration Method) หมายถึง วิธีสอนที่ครูมีหน้าที่ในการวางแผน การเรียนการสอนเป็นส่วนใหญ่โดยมีการแสดงหรือการกระทำให้ดูเป็นตัวอย่างนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้จากการสังเกต การฟัง การกระทำ หรือการแสดง และอาจเปิดโอกาสให้นักเรียนเข้ามามีส่วนร่วมบ้าง

ความมุ่งหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบสาธิต

1. เพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนมีความสนใจในบทเรียนยิ่งขึ้น
2. เพื่อช่วยในการอธิบายเนื้อหาที่ยากซึ่งต้องใช้เวลามากให้เข้าใจง่ายขึ้นและประหยัดเวลาบางเนื้อหาอาจจะอธิบายให้นักเรียนเข้าใจได้ยากการสาธิตจะทำให้นักเรียนได้เห็นขั้นตอนและเกิดความเข้าใจง่าย
3. เพื่อพัฒนาการฟังการสังเกตและการสรุปทำความเข้าใจในการสอนโดยใช้วิธีสาธิตนักเรียนจะฟังคำอธิบายควบคู่ไปด้วยและต้องสังเกตขั้นตอนต่าง ๆ ตลอดจนผลที่ได้ จากการสาธิตแล้วจึงสรุปผลของการสาธิต
4. เพื่อแสดงวิธีการหรือกลวิธีในการปฏิบัติงานซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ด้วยคำพูดเช่น การทำกิจกรรมในวิชาคหกรรมศิลป ฯลฯ
5. เพื่อสรุปประเมินผลความเข้าใจในบทเรียน

6. เพื่อใช้ทบทวนผลความเข้าใจในบทเรียน

ขั้นตอนในการสอน

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสาธิตให้ชัดเจนและต้องสาธิตให้เหมาะสมกับเนื้อเรื่อง

2. เตรียมอุปกรณ์ในการสาธิตให้พร้อมและตรวจสอบความสมบูรณ์ของอุปกรณ์

3. เตรียมกระบวนการสาธิตเช่นกำหนดเวลาและขั้นตอนจะเริ่มต้นดำเนินการและจบลงอย่างไรผู้สาธิตต้องเข้าใจในขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้อย่างละเอียดแจ่มแจ้ง

4. ทดลองสาธิตก่อนสอนควรทดลองสาธิตเพื่อตรวจสอบความพร้อมตลอดจนผลที่จะเกิดขึ้นเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในเวลาสอน

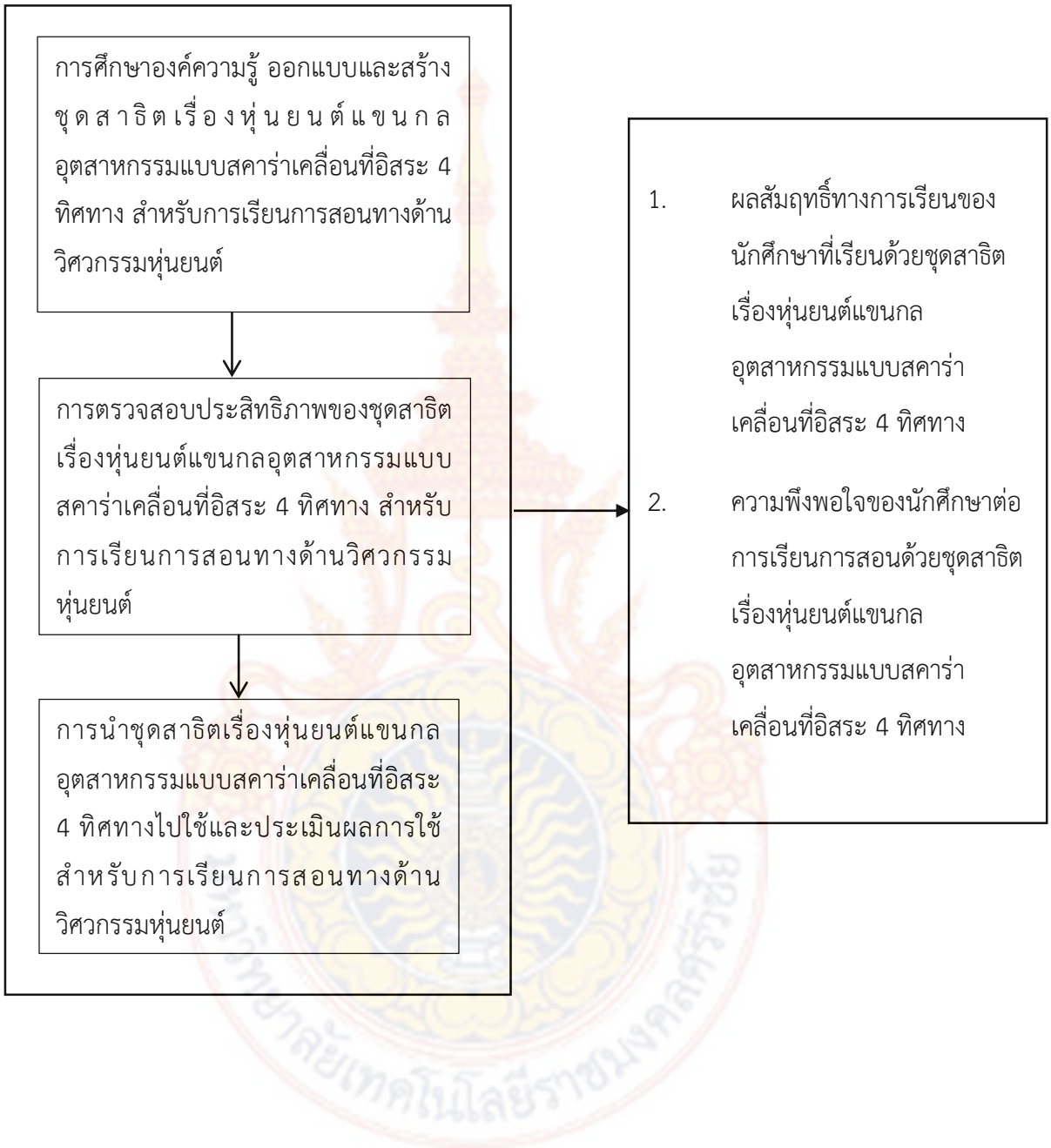
5. ต้องจัดทำคู่มือคำแนะนำหรือข้อสังเกตในการสาธิตเพื่อที่นักเรียนจะใช้ประกอบในขณะที่มีการสาธิต

6. เมื่อสาธิตเสร็จสิ้นแล้วนักเรียนควรได้ทำการสาธิตซ้ำอีกเพื่อเน้นให้เกิดความเข้าใจดีขึ้น

7. จัดเตรียมกิจกรรมหลังจากการสาธิตเพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าหรือประโยชน์ของการสาธิตนั้น ๆ

8. ประเมินผลการสาธิตโดยพิจารณาจากพฤติกรรมของนักเรียนและผลของการเรียนรู้ การประเมินผลควรมีกิจกรรมหรือเครื่องมือเช่นการทดสอบการให้แสดงความคิดเห็นหรือการอภิปรายประกอบ

2.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



2.5 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์แขนกล

พันศักดิ์ เนระแก (2559) ศึกษาเรื่องการออกแบบหุ่นยนต์แบบหยิบและวางที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร การออกแบบหุ่นยนต์ SCARA ของงานวิจัยฉบับนี้จะมีความสามารถในการเคลื่อนที่ในระยะยืดทุกแนวแกนประมาณ 823 มิลลิเมตร มีความสามารถในการรับโหลด 2 กิโลกรัม ระบบการมองเห็นด้วยภาพของเครื่องจักรที่ได้ทำการออกแบบสามารถตรวจจับตำแหน่งตามแนวแกน X, Y และแนวการวางตัวตามแนวแกน Z ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

ศักดา สุขแสวง และ พีระยศ แสนโภชน์ (2556) ศึกษาเรื่องการควบคุมหุ่นยนต์สคาร่า โดยใช้การควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองเพื่อประยุกต์ใช้ในงานบรรจุผลิตภัณฑ์ งานวิจัยฉบับนี้ได้นำหุ่นยนต์สการา Toshiba Robot รุ่น TH180 มาทำการทดลองตัวควบคุมที่ออกแบบไว้ โดยได้นำเสนอวิธีการควบคุมการเคลื่อนที่ที่เรียกว่า การควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง ซึ่งเป็นหลักการควบคุมที่มีความเหมาะสมกับหลายอินพุตและหลายเอาต์พุต จากการศึกษาเรื่องนี้ทำให้ทราบว่าการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง เป็นหลักการคำนวณสัญญาณเอาต์พุตที่ไปสั่งการหุ่นยนต์ โดยสัญญาณนี้จะถูกทำนายจากสมการคณิตศาสตร์เอาไว้ล่วงหน้า จุดเด่น คือจะให้ค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่นั้นน้อยลง ความผิดพลาดของตำแหน่งในการหยุดเคลื่อนที่จะมีระดับต่ำ ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นว่าหากทำการพัฒนาหุ่นยนต์ SCARA ขึ้นมาแล้วประสบปัญหาการเคลื่อนที่ ที่ไม่แม่นยำ งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นตัวช่วยที่ดีอย่างมาก

ชวลิต นฤมิตบวรกุล พีระยศ แสนโภชน์ และ วิทิต ฉัตรรัตนกุลชัย (2555) ศึกษาเรื่องการออกแบบระบบควบคุมแบบคงทนสำหรับหุ่นยนต์สการา โดยใช้ทฤษฎีป้อนกลับเชิงปริมาณ งานวิจัยนี้ทำการพิจารณาและออกแบบตัวควบคุมของแกนที่ 1 และแกนที่ 2 ของหุ่นยนต์สคาร่า โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์สคาร่า จุดเด่นของงานวิจัยฉบับนี้ คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์สการาที่นักวิจัยกลุ่มนี้ได้นำเสนอซึ่งแบบจำลองดังกล่าวจะเป็นแนวทางให้กับผู้วิจัยในการจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ การดูความเป็นไปได้ในขนาดและโครงสร้างก่อนการขึ้นรูปจริง

ชานนท์ ลอยลม สิทธิพงษ์ รอดมาลัย และ วีรวุฒิ มะสิงห์ (2560) ศึกษาเรื่องชุดจำลองแขนกลอุตสาหกรรม สิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้นำเสนอการพัฒนาแขนกล ที่มีจุดหมุน 5 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะใช้มอเตอร์เซอร์โวเป็นต้นกำลัง การควบคุมการทำงานของแขนกลนั้น ได้ออกแบบให้สามารถควบคุมได้ 2 รูปแบบ คือ แบบกำหนดเอง (Manual) และแบบอัตโนมัติ (Automatic) ใช้ Arduino ติดต่อกับผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม LabVIEW จุดเด่นของงานวิจัยฉบับนี้ การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กในการควบคุมการทำงานโดยรับคำสั่งจากผู้ใช้งานผ่านโปรแกรมเสมือนจริงบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้ต้นทุนในการพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลมีราคาที่ถูก

Sonick Sur,i Anjali Jain, and Neelam Verma SCARA Industrial Automation Robot (2018) ได้ทำการปริทัศน์วิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ ซึ่งได้กล่าวถึงการนำหุ่นยนต์ SCARA มาใช้งานกับภาคอุตสาหกรรม เป็นงานวิจัยที่ยืนยันว่า หุ่นยนต์ SCARA เหมาะกับงานภาคอุตสาหกรรม เป็นที่ต้องการอย่างมากกับงานประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก งานจัดเรียงวัตถุดิบ งานตรวจสอบคุณสมบัติ งานที่ต้องการความเร็วและความแม่นยำ

Ahmad Manasra, Ashraf AL Sharif, Ala Salaymeh, Yousef Natsheh (2018) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Design, control and implementation of SCARA robot for sorting missions with machine vision.งานวิจัยฉบับนี้เป็นการออกแบบหุ่นยนต์ SCARA ที่แสดงให้เห็นถึงการออกแบบชิ้นส่วน ระยะแต่ละส่วนของโครงสร้าง การติดตั้งมอเตอร์ต้นกำลัง การติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงสั่นสะเทือน และอื่นๆ ข้อดีของงานวิจัยฉบับนี้คือ ได้เห็นถึงลำดับการออกแบบหุ่นยนต์ SCARA ว่าควรให้ความสำคัญกับส่วนไหน ส่วนไหนมีเป็นจุดบอดของหุ่นยนต์ประเภทนี้ และส่วนไหนที่ต้องการแรงบิดในการเคลื่อนที่ ทำให้เป็นงานวิจัยที่เป็นต้นแบบในการพัฒนาหุ่นยนต์ SCARA ให้ประสบความสำเร็จได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์แขนกล สามารถสรุปได้ว่า หุ่นยนต์ SCARA ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมที่มีวัตถุดิบการผลิตขนาดเล็ก ต้องการความแม่นยำและความรวดเร็วในการทำงาน ซึ่งกำลังอยู่ในความสนใจพัฒนาในหลายประเทศทั่วโลก เป็นเครื่องมือที่จำเป็นต้องพัฒนาขึ้นมา งานวิจัยส่วนใหญ่จึงมุ่งสนใจศึกษาเพื่อออกแบบและพัฒนาให้หุ่นยนต์ SCARA ตามแบบจำลองในรูปแบบที่แตกต่างให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพที่ดีขึ้น สะท้อนให้เห็นจุดดีและจุดด้อยของหุ่นยนต์แต่ละเครื่องที่ออกแบบและพัฒนาเป็นต้นแบบขึ้น สามารถนำองค์ความรู้ทั้งหมดไปพัฒนาเป็นหุ่นยนต์ SCARA ในแบบใหม่ได้อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยพบว่าการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์แขนกลส่วนใหญ่ไม่ได้ถูกออกแบบหรือพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการศึกษา ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงสนใจพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางเพื่อใช้เป็นชุดสาธิตสำหรับการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

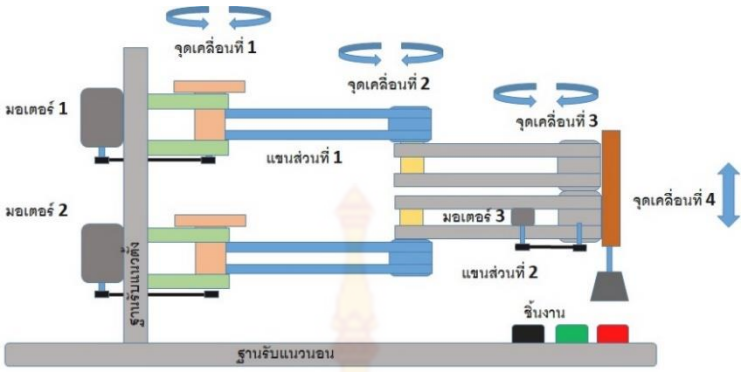
การดำเนินงานของงานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบของ หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่า อันประกอบไปด้วยส่วนอินพุต ส่วนประมวลผลและส่วนเอาต์พุต ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงาน การออกแบบสร้างเครื่องและวงจรการทำงานของอุปกรณ์ การทดสอบหาประสิทธิภาพ การทดสอบหาความพึงพอใจของนักศึกษาเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้ดังนี้

- เพื่อออกแบบและสร้างชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง
- เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง
- เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของการใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษา
- เพื่อทดสอบหาความพึงพอใจของนักศึกษาที่ผ่านกระบวนการการเรียนการสอนโดยใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยผู้วิจัยจึงได้เสนอขั้นตอนการดำเนินงานในแต่ละวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบและสร้างชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

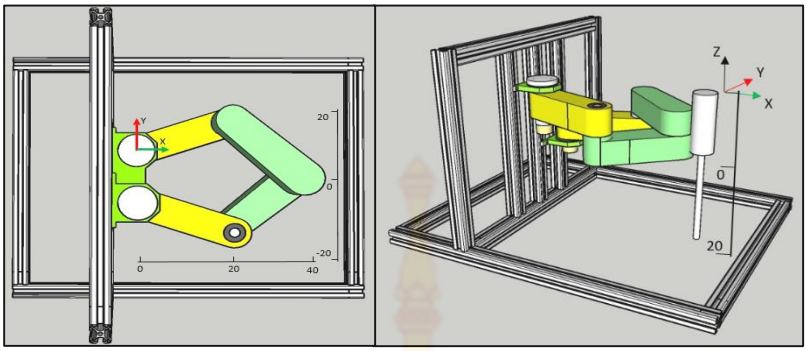
หุ่นยนต์สคาร่า หรือ SCARA Robot (Selective Compliance Assembly Robot Arm) คือ หุ่นยนต์ที่มีความโดดเด่นเรื่องความคล่องแคล่วรวดเร็วแต่มีข้อจำกัดสำหรับระยะการปฏิบัติการมีข้อต่อขนานกัน 2 จุด เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนที่ต้องการความรวดเร็วและมีขนาดเล็ก งานวิจัยฉบับนี้ได้ออกแบบหุ่นยนต์แขนกลสคาร่าที่มีลักษณะแขนโลหะยื่นออกจากฐานรับในแนวตั้ง ออกแบบให้ส่วนแขนหุ่นยนต์มีจำนวน 2 แขนโดยแต่ละแขนจะประกอบเป็น 2 ส่วนคล้ายกับแขนของมนุษย์ ส่วนปลายของทั้ง 2 แขนจะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันด้วยจุดหมุน โดยจุดเด่นของหุ่นยนต์สคาร่าที่มีลักษณะข้างต้นคือมีความสามารถในการรับโหลดในแนวดิ่งได้เป็นอย่างดี การออกแบบหุ่นยนต์สคาร่าแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การออกแบบหุ่นยนต์แขนกลแบบสคาร่า

จุดเคลื่อนที่หรือ Joint จะประกอบไปด้วย 3 จุดหมุน โดยจุดเคลื่อนที่ 1 เป็นจุดเคลื่อนที่ที่มีการรับแรงในแนวดิ่งมากที่สุดซึ่งเป็นแรงกระทำจากน้ำหนักของโหลดและเป็นแรงกระทำจากน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ในการทำเป็นส่วนแขนของหุ่นยนต์ในจุดเคลื่อนที่นี้จะมีการเชื่อมต่อกับต้นกำลังที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านตัวส่งแรงที่เป็นสายพาน มอเตอร์จะเป็นตัวสร้างแรงบิดเพื่อกระทำกับจุดเคลื่อนที่ 1 จนแขนส่วนที่ 1 ของแขนกลเกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของแขนในส่วนที่ 1 ไม่จำเป็นต้องเคลื่อนที่พร้อมกันก็ได้และเมื่อมีการเคลื่อนที่แล้วก็จะทำให้เกิดการหมุนในส่วนของจุดเคลื่อนที่ 2

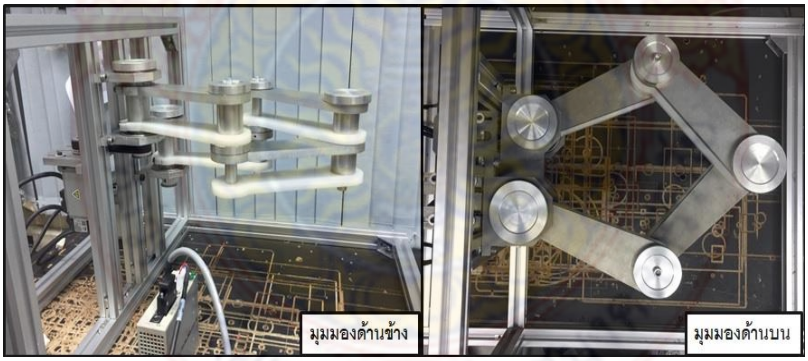
จุดเคลื่อนที่ 2 เป็นส่วนที่หมุนได้อย่างอิสระตามแรงบิดที่ได้รับจากแขนส่วนที่ 1 ในส่วนนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระยะยืดเข้า-ออกของแขนทั้งหมดและส่งผลให้แขนส่วนที่ 2 มีการเคลื่อนที่ ปลายแขนส่วนที่ 2 จะมีการยึดติดร่วมกันทั้ง 2 แขน ด้วยจุดเคลื่อนที่ 3 ซึ่งตำแหน่งนี้จะมีลักษณะคล้ายกับฝ่ามือมนุษย์ที่ประกบติดกันสองข้างทำให้การเคลื่อนที่ของส่วนแขนมีการทำงานที่สัมพันธ์กัน และเพื่อเป็นการรักษาตำแหน่งของจุดเคลื่อนที่ 3 จำเป็นต้องมีต้นกำลังคอยหมุนรักษาองศาปลายสุดของแขนกลไว้ จุดเคลื่อนที่ 4 เป็นการทำงานของกระบอกสูบนิวเมติกส์เคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งส่วนนี้สามารถประยุกต์การทำงานได้เช่น การติดตั้งตัวหยิบจับชิ้นงาน การติดตั้งหัวฉีดพลาสติก เป็นต้น การประกอบแขนกลส่วนที่ 2 ร่วมกับส่วนที่ 1 จะเห็นได้ว่าปลายแขนทั้งสองฝั่งจะถูกเชื่อมต่อร่วมกันด้วยจุดเคลื่อนที่ 3 ทำให้ชิ้นส่วนทุกชิ้นสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระเมื่อเกิดแรงบิดขึ้นจากจุดเคลื่อนที่ 1 ซึ่งระยะใช้งานในการเคลื่อนที่จะเกิดจากความสัมพันธ์ของจุดหมุนแต่ละจุดที่ถูกกำหนดมาจากจุดเคลื่อนที่ 1 ทำให้ส่วนปลายของแขนกลสามารถเปลี่ยนตำแหน่งไปยังจุดต่าง ๆ ที่ต้องการได้ ผู้วิจัยทำการออกแบบลักษณะกลไกการเคลื่อนไหวในแต่ละแนวแกนด้วยโปรแกรม sketchup เพื่อดูขนาดติดตั้งที่เหมาะสม โดยลักษณะการออกแบบที่แสดงไคเนเมติกส์ของหุ่นยนต์แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ไคเนเมติกส์ ของหุ่นยนต์

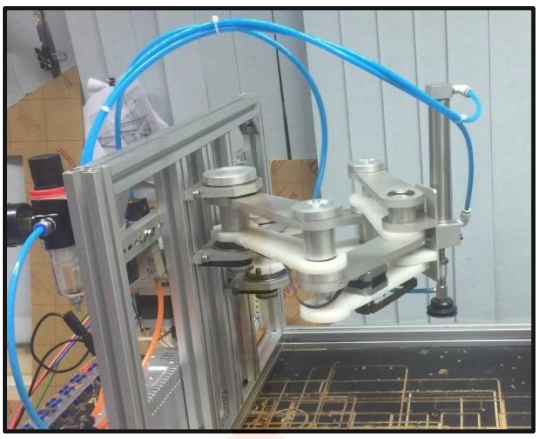
3.2 หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่ 4 ดีกรีอิสระ

เมื่อได้กำหนดรายละเอียดในการออกแบบเป็นที่เรียบร้อยในขั้นตอนถัดไปจะเป็นการประกอบองค์ประกอบแต่ละส่วนร่วมกัน ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุในการขึ้นรูปหุ่นยนต์เป็นอลูมิเนียมและแผ่นพลาสติกวิศวกรรมเพื่อสร้างความแข็งแรง ส่วนประกอบนี้เป็นส่วนที่ต้องรับแรงกระทำสูงที่สุด ผู้วิจัยอาศัยเพลาอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ติดตั้งร่วมกับตลับลูกปืนบนฐานรับลักษณะแขนส่วนที่ 1 เป็นอลูมิเนียมขนาดความหนา 10 มิลลิเมตรยึดจับกับแกนเพลาร่วมกับแขนส่วนที่ 2 แสดงดังภาพที่ 3.3



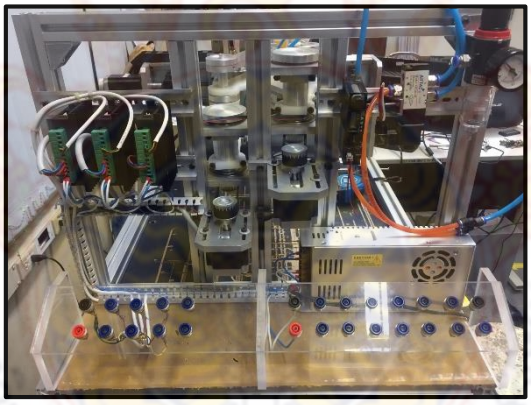
ภาพที่ 3.3 การประกอบแขนหุ่นยนต์

การเคลื่อนที่ในแนวตั้งจะอาศัยกระบอกสูบนิวเมติกส์ยึดติดกับส่วนปลายของแขนกลสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงไปหยิบจับชิ้นงานในลักษณะการดูดแบบสุญญากาศได้ โดยจะมีการควบคุมตำแหน่งมุมด้านหน้าของกระบอกสูบได้ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อให้กระบอกสูบสามารถปรับมุมจับชิ้นงานแสดงดังภาพที่ 3.4



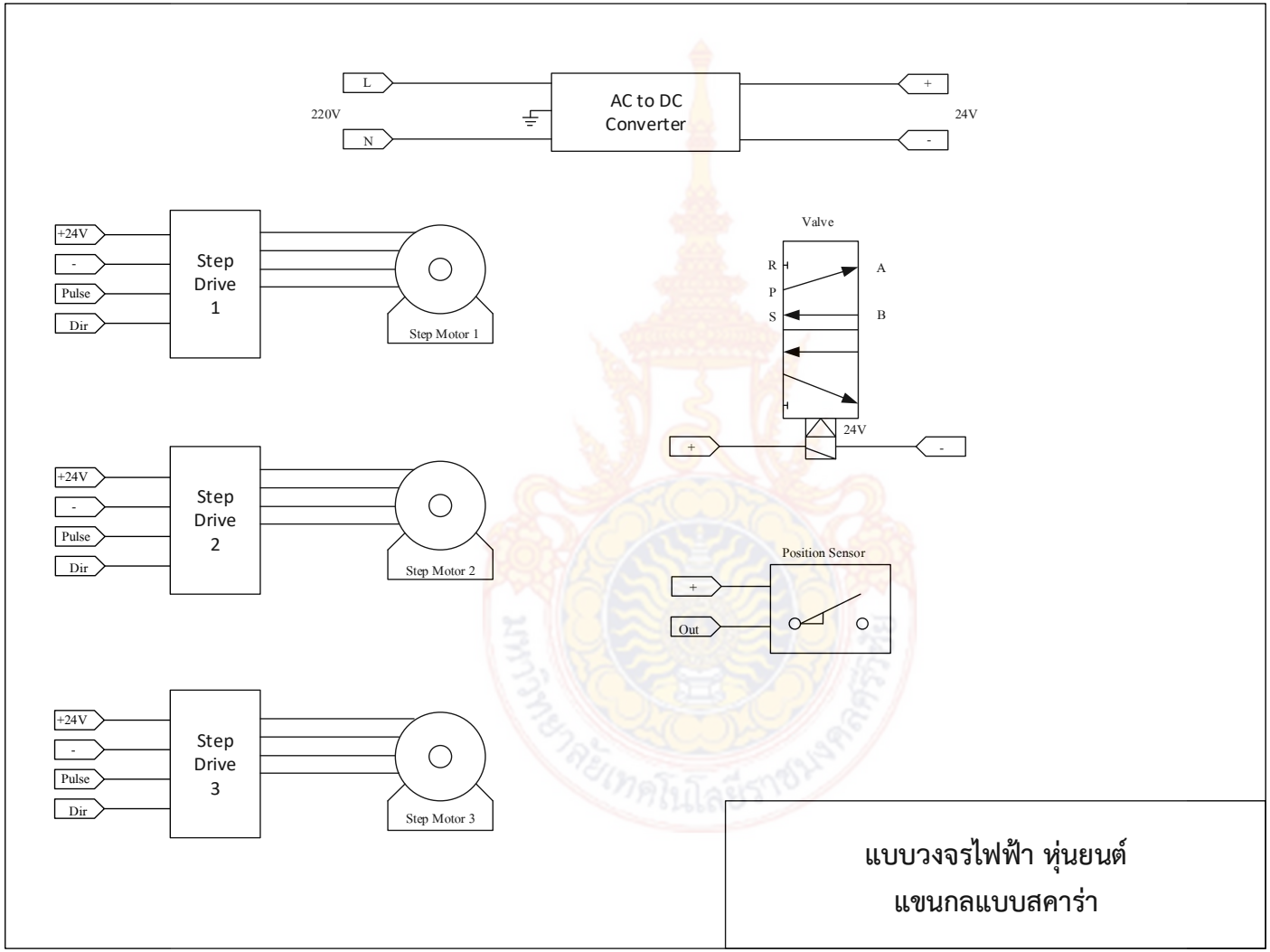
ภาพที่ 3.4 การติดตั้งกระบอกสูบนิวเมติกส์ส่วนปลายของแขนกลและต้นกำลัง

การขับเคลื่อนจุดเคลื่อนที่ที่ 1 จะอาศัยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) ซึ่ง เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับควบคุมการหมุนเพื่อกำหนดตำแหน่งและทิศทางด้วยมุมองศาให้กับกลไกการทำงานของเครื่องจักรกลที่ต้องการความแม่นยำสูง ทำการส่งถ่ายกำลังด้วยสายพานไปยังเพลาของแขนกลทำให้เกิดการหมุนของแขนท่อนที่ 1 ลักษณะการติดตั้งต้นกำลังแสดงดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การติดตั้งต้นกำลังในการขับเคลื่อนแขนกล

พลังงานที่ใช้ในการทำงานของแขนกลจะประกอบไปด้วยสองส่วน คือ พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักในการสร้างการเคลื่อนที่โดยจะส่งจ่ายพลังงานดังกล่าวไปยัง มอเตอร์ ไดร์ขับเคลื่อนมอเตอร์ วาล์วนิวเมติกส์ และอุปกรณ์ควบคุมภายนอก ซึ่งผู้วิจัยอาศัยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงพิกัดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ พิกัดกระแสสูงสุด 10 แอมป์ เพื่อให้สามารถรองรับกับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างสะดวก อาทิเช่น เซ็นเซอร์อุตสาหกรรม พลังงานอีกส่วนหนึ่งจะได้แก่พลังงานลม มีหน้าที่ในการขับเคลื่อนลูกสูบ โดยจะอาศัยปั๊มลมไฟฟ้าเป็นแหล่งจ่ายซึ่งความดันใช้งานจะมีค่าประมาณ 3 – 6 บาร์ โดยสามารถปรับตั้งค่าให้เหมาะสมกับความเร็วของการเคลื่อนที่ตามการใช้งานในแต่ละลักษณะงาน



ภาพที่ 3.6 วงจรไฟฟ้าสำหรับการเชื่อมต่อชุดหุ่นยนต์แขนกลสคาร่ากับอุปกรณ์ควบคุมภายนอก

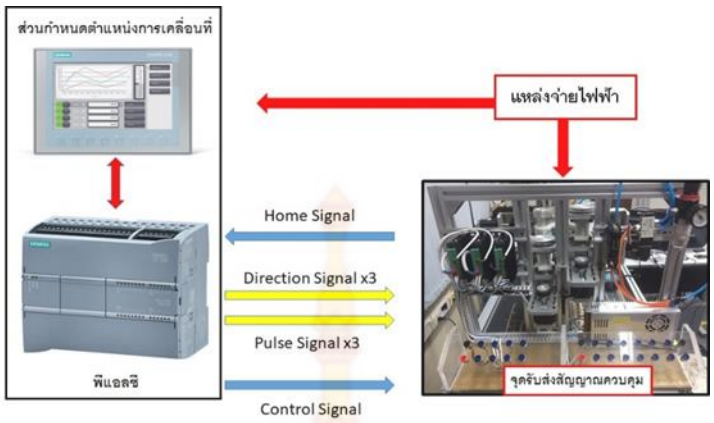
จากภาพที่ 3.6 แสดงลักษณะของวงจรไฟฟ้าบนชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่า ซึ่งจุดเชื่อมต่อแต่ละตำแหน่งจะเป็นขั้วต่อสายแบบเซฟตี้ซ็อกเก็ตขนาด 4 มิลลิเมตรติดตั้งอยู่บนแผงพลาสติกเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมภายนอกได้ง่าย โดยคุณสมบัติเฉพาะของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าจะแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่1 คุณสมบัติเฉพาะของหุ่นยนต์แขนกลแบบสคาร่าเคลื่อนที่ 4 ดีกรีอิสระ

องค์ประกอบ	**ลักษณะการทำงาน**	**ค่าสำคัญ**
ต้นกำลังในการขับเคลื่อน	สเต็ปปิ้งมอเตอร์	1.8°per step
	สเต็ปปิ้งไดร์	24V,3A
ระยะการทำงาน	แนวนอน X	200 mm
	แนวนอน Y	400 mm
	แนวตั้ง Z	200 mm
ตัวตรวจจับตำแหน่ง	ตำแหน่งเริ่มต้นของแขนกล	Limit switch
ความดันนิวเมติกส์	4 Bar	
กำลังไฟฟ้า	สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย	24V,10A

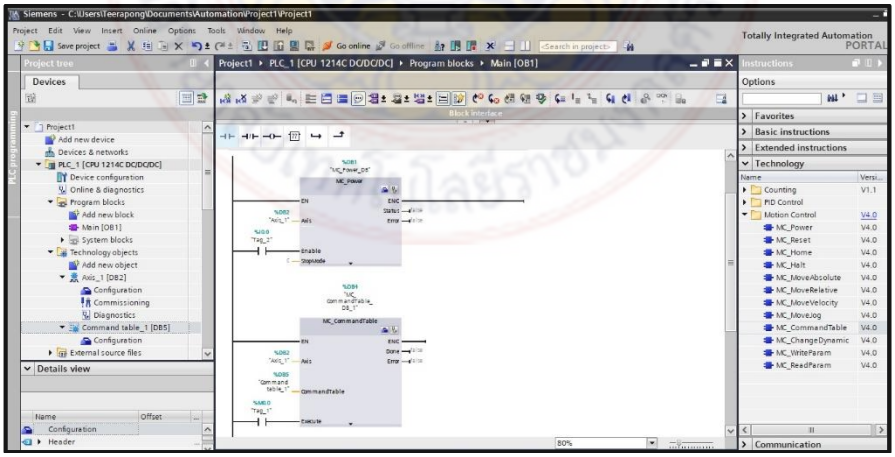
3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

เมื่อได้ทำการประกอบแขนกลแบบสคาร่าเป็นที่เรียบร้อย ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทดสอบการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ โดยเป็นการสั่งการให้แขนกลแบบสคาร่าเคลื่อนที่หยิบจับชิ้นงานไปวางตามตำแหน่งที่ต้องการ ทำการศึกษาเรื่องของความเร็วในการเคลื่อนที่ ความแม่นยำในการวางชิ้นงาน และความสามารถในการรับน้ำหนักของโหลด ผู้วิจัยได้อาศัยตัวควบคุมภายนอกเข้ามาควบคุมการทำงานซึ่งได้แก่ พีแอลซี เพื่อให้เกิดการควบคุมตามลักษณะงานในภาคอุตสาหกรรม ตัวควบคุมจะส่งสัญญาณเข้าสู่ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าทำให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่ง ซึ่งตำแหน่งในการหยิบจับและวางชิ้นงานนั้นสามารถกำหนดได้จากผู้ควบคุมโดยตรง การเชื่อมต่อตัวควบคุมเข้ากับหุ่นยนต์แขนกลแสดงดังภาพที่ 3.7



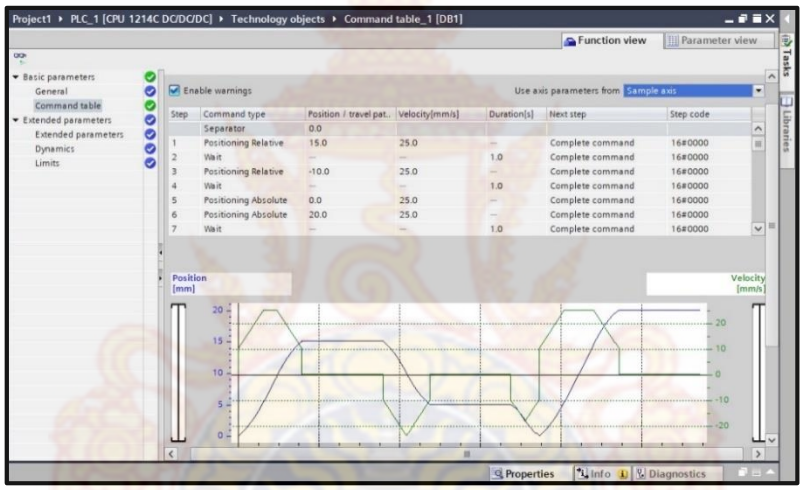
ภาพที่ 3.7 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมกับหุ่นยนต์แขนกลสคาร่า

ตัวควบคุม พีแอลซี จะส่งสัญญาณ Pulse ที่ความถี่ 25 kHz และ สัญญาณ Direction ไปยังอุปกรณ์ไดร์มอเตอร์กำหนดให้มีอัตราเร่งเท่ากับ 48 mm/s^2 เพื่อสั่งการให้มอเตอร์หมุนไปตามทิศทางและตำแหน่งที่ถูกกำหนด การเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือตำแหน่งการเคลื่อนที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้จากจอ HMI หรือบนโปรแกรม การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานนั้นจะอาศัยโปรแกรม TIA Protal V15 ซึ่งเป็นโปรแกรมของบริษัท SIEMENS โดยเลือกใช้ตัวประมวลผลพีแอลซีรุ่น S7-1200 ทำการเลือกใช้คำสั่งพิเศษ Motion Control ซึ่งเป็นชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรที่อาศัยสัญญาณพัลล์และสัญญาณทิศทาง กำหนดคุณสมบัติของกลไกการเคลื่อนที่ เช่น ระยะพิท ระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมด และช่องสัญญาณอินพุตเอาต์พุตให้กับตัวควบคุม ลักษณะการเขียนโปรแกรมควบคุมแสดงดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 การใช้คำสั่งในการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบสคาร่า

การกำหนดให้หุ่นยนต์แขนกลสคาร่าเคลื่อนที่ตามความต้องการนั้น จำเป็นจะต้องสร้างตารางงานเพื่อบรรจุตำแหน่งหรือระยะทางในการเคลื่อนที่ไปในแต่ละทิศทาง ตารางงานจึงมีความจำเป็นในการควบคุมในลักษณะของงานที่ต้องการความต่อเนื่องซึ่งอาจจะสั่งการให้ทำงานแบบวนซ้ำก็ได้ โดยการสร้างตารางงานสามารถสร้างได้จากคำสั่งพิเศษที่อยู่ภายในโปรแกรม TIA Protal สามารถกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ได้ถึง 32 step ต่อ 1 ตารางงาน โดยแต่ละ step สามารถกำหนดได้ว่าจะให้เกิดการเคลื่อนที่ในรูปแบบในเช่น Positioning Relative คือการเคลื่อนที่ที่ไม่สนใจจุดอ้างอิง หรือจะเป็นลักษณะ Positioning Relative คือการเคลื่อนที่ที่สนใจจุดอ้างอิง ซึ่งแต่ละรูปแบบสามารถกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ ลักษณะการกำหนดตารางงานเพื่อควบคุมหุ่นยนต์แขนกลสคาร่าแสดงดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 การกำหนดตารางงานเพื่อควบคุมหุ่นยนต์แขนกลสคาร่า

3.4 การหาประสิทธิภาพของการใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง รายวิชา โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูง รหัส 04-216-408 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.4.1 ศึกษาข้อมูลเพื่อเตรียมการวิจัย

3.4.2 การกำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.4.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.4 ขั้นตอนดำเนินการทดลองและรวบรวมข้อมูล

3.4.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 ศึกษาข้อมูลเพื่อเตรียมการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัย โดยศึกษาคำอธิบายรายวิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูง รหัส 04-216-408 ประกอบการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องและเนื้อหาสำคัญรายละเอียดของคำอธิบายรายวิชา การใช้งานโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ร่วมกับจอสั่งงานแบบสัมผัส อินเวอร์เตอร์ เซอร์โวมอเตอร์ และซอฟแวร์ระบบความคุมและประมวลผลแบบศูนย์รวม ระบบโครงข่ายโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ การประยุกต์ใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมกระบวนการ ฝึกปฏิบัติการทดลองที่สอดคล้องกับหัวข้อและเนื้อหาการบรรยาย

3.4.2 การกำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือนักศึกษา ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูงภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา2564 จำนวน 1 กลุ่ม 22 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาระดับ ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ลงทะเบียนเรียนวิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูงภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา2564 ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 12 คน

3.4.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- การสร้างใบงานชุดทดลองการโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูง
- การสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.4.3.1 การสร้างใบงานชุดทดลองการโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและออกแบบสร้างใบงานดังนี้ ศึกษาเนื้อหาวิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูงจากคำอธิบายรายวิชา ซึ่งผู้วิจัยได้นำหัวข้อในแผนการสอนในสัปดาห์ที่ 6 สัปดาห์ที่ 7 และสัปดาห์ที่ 8 มาสร้างเป็นใบงานการทดลอง เพื่อให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติการทดลองให้เกิดความเข้าใจและความชำนาญ ใบงานที่ทำการทดลองในครั้งนี้มีจำนวน 3 การทดลองดังนี้

ใบงานการทดลองที่ 1 การเชื่อมต่อโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์และคำสั่งพื้นฐานในการเปิด-ปิดชุดสาธิตหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ใบงานการทดลองที่ 2 การควบคุมการเคลื่อนที่ชุดสาธิตหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ใบงานการทดลองที่ 3 การหยิบจับชิ้นงานตามตำแหน่งของชุดสาธิตหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

3.4.3.2 การสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้สร้างตารางการวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมกับวัตถุประสงค์ ในการสอบให้น้ำหนักความสำคัญของระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยดัง ตารางที่ 2 และตารางวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์ดังตารางที่ 3 เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบของแบบทดสอบให้มีความครอบคลุมเนื้อหาการทดลองที่ใช้ในการวัดผลเพื่อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมกับวัตถุประสงค์

พฤติกรรม / เนื้อหา	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	ขั้นสูงกว่าการนำไปใช้	รวม	น้ำหนักความสำคัญ
คำสั่งพื้นฐาน						
1. บอกความหมายของคำสั่งพื้นฐานของ PLC ได้	8	4	2	2	16	3
2. บอกชื่อสัญลักษณ์ของคำสั่งพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง	8	4	2	2	16	3
3. อธิบายหลักการทำงานของคำสั่ง Jump ,Case, SCALE_X, NORM_X	4	8	8	2	22	1
4. อธิบายหลักการทำงานของ FC, FB, OB, block interface	4	8	8	2	22	1
5. อธิบายหลักการทำงานของคำสั่ง Pulse generator (PTO/PWM)	4	8	8	2	22	1
6. เลือกใช้คำสั่งพื้นฐานได้ตามความเหมาะสม	2	4	8	8	22	1

ตารางที่ 2(ต่อ) การวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมกับวัตถุประสงค์

เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	ขั้นสูงกว่าการนำไปใช้	รวม	ลำดับความสำคัญ
หลักการเขียนโปรแกรมขั้นสูงของ PLC						
1. อธิบายการวิเคราะห์และวางแผนระบบงานได้ถูกต้อง	2	8	4	2	16	3
2. บอกขั้นตอนในการเขียนโปรแกรมได้ถูกต้อง	8	4	2	2	16	3
3. อธิบายวงจรไทมมิ่งไดอะแกรมได้ถูกต้อง	4	8	8	2	22	1
4. จัดทำเอกสารประกอบตามเงื่อนของโปรแกรมได้	2	6	2	2	12	4
5. กำหนดอุปกรณ์อินพุต/เอาท์พุตได้ถูกต้อง	4	8	8	2	22	1
6. ป้อนโปรแกรมและดูสภาวะการทำงานของโปรแกรมตามเงื่อนไขได้อย่างถูกต้อง	4	8	8	2	22	1
7. เขียนโปรแกรมการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตเบื้องต้นได้อย่างถูกต้อง	4	8	8	2	22	1
หลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ตรวจจับ						
1. บอกความหมายของเอ้นโค้ดเดอร์ Encoder ได้อย่างถูกต้อง	8	4	2	2	16	3
2. อธิบายหลักการทำงานของเอ้นโค้ดเดอร์ ได้อย่างถูกต้อง	4	8	8	2	22	1
3. เลือกเอ้นโค้ดเดอร์ ใช้งานได้อย่างถูกต้อง	4	8	8	2	22	1
4.เขียนโปรแกรมควบคุมชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าและเอ้นโค้ดเดอร์ ได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไข	4	8	8	2	22	1
5. ปฏิบัติการต่อวงจรเอ้นโค้ดเดอร์ ใช้งานร่วมกับ	4	2	8	4	18	2

PLC ได้อย่างถูกต้อง						

ตารางที่ 2(ต่อ) การวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมกับวัตถุประสงค์

พฤติกรรม / เนื้อหา	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	ขั้นสูงกว่าการนำไปใช้	รวม	ลำดับความสำคัญ
6. บอกความหมายของพร็อกซิมิตี้สวิตช์ (Proximity Switch) ได้อย่างถูกต้อง	8	4	2	2	16	3
7. อธิบายหลักการทำงานของพร็อกซิมิตี้สวิตช์ ได้อย่างถูกต้อง	4	8	8	2	22	1
8. เลือกพร็อกซิมิตี้สวิตช์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง	4	2	8	4	18	2
9. เขียนโปรแกรมควบคุมชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าและพร็อกซิมิตี้สวิตช์ได อย่าง ถูกต้องตามเงื่อนไข	4	8	8	2	22	1
10. ปฏิบัติการต่อวงจรพร็อกซิมิตี้สวิตช์ใช้งานร่วมกับ PLC และชุดทดลองได้อย่างถูกต้อง	2	4	8	2	16	3
การประยุกต์ใช้งานในงานอุตสาหกรรม						
1. อธิบายหลักการควบคุมตำแหน่งโดยใช้ชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าได้อย่างถูกต้อง	8	4	2	2	16	3
2. เขียนโปรแกรมควบคุมตำแหน่งโดยใช้ชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าได้ อย่างถูกต้อง	4	8	8	2	22	1
3. ปฏิบัติการต่อ PLC ใช้งานชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าได้อย่างถูกต้อง	2	4	8	2	16	3
รวม	118	158	162	62	500	
ลำดับความสำคัญ	3	2	1	4		

ตารางที่ 3 วิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์

พฤติกรรม / เนื้อหา	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	ขั้นสูงกว่าการนำไปใช้	รวม	ลำดับความสำคัญ
คำสั่งพื้นฐาน						
1. บอกความหมายของคำสั่งพื้นฐานของ PLC ได้	1	0	0	0	1	
2. บอกชื่อสัญลักษณ์ของคำสั่งพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง	1	0	0	0	1	
3. อธิบายหลักการทำงานของคำสั่ง Jump ,Case, SCALE_X, NORM_X	0	1	1	0	2	
4. อธิบายหลักการทำงานของ FC, FB, OB, block interface	0	1	1	0	2	
5. อธิบายหลักการทำงานของคำสั่ง Pulse generator (PTO/PWM)	0	1	1	0	2	
6. เลือกใช้คำสั่งพื้นฐานได้ตามความเหมาะสม	0	0	1	1	2	
หลักการเขียนโปรแกรมขั้นสูงของ PLC						
1. อธิบายการวิเคราะห์และวางแผนระบบงานได้ถูกต้อง	0	1	0	0	1	
2. บอกขั้นตอนในการเขียนโปรแกรมได้ถูกต้อง	1	0	0	0	1	
3. อธิบายวงจรไทมมิ่งไดอะแกรมได้ถูกต้อง	0	1	1	0	2	
4. จัดทำเอกสารประกอบตามเงื่อนของโปรแกรมได้	0	1	0	0	1	
5. กำหนดอุปกรณ์อินพุต/เอาท์พุตได้ถูกต้อง	0	1	1	0	2	
6. ป้อนโปรแกรมและดูสภาวะการทำงานของโปรแกรมตามเงื่อนไขได้อย่างถูกต้อง	0	1	1	0	2	
7. เขียนโปรแกรมการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและ	0	1	1	0	2	

เอาท์พุตเบื้องต้นได้อย่างถูกต้อง						

ตารางที่ 3 (ต่อ) วิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์

พฤติกรรม / เนื้อหา	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	ขั้นสูงกว่าการนำไปใช้	รวม	ลำดับความสำคัญ
หลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ตรวจจับ						
1. บอกความหมายของเอ้นโค้ดเดอร์ Encoder ได้อย่างถูกต้อง	1	0	0	0	1	
2. อธิบายหลักการทำงานของเอ้นโค้ดเดอร์ ได้อย่างถูกต้อง	0	1	1	0	2	
3. เลือกเอ้นโค้ดเดอร์ ใช้งานได้อย่างถูกต้อง	0	1	1	0	2	
4.เขียนโปรแกรมควบคุมชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าและเอ้นโค้ดเดอร์ ได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไข	0	1	1	0	2	
5. ปฏิบัติการต่อวงจรเอ้นโค้ดเดอร์ ใช้งานร่วมกับ PLC ได้อย่างถูกต้อง	0	0	0	1	1	
6. บอกความหมายของพร็อกซิมิตี้สวิตช์ (Proximity Switch) ได้อย่างถูกต้อง	1	0	0	0	1	
7. อธิบายหลักการทำงานของพร็อกซิมิตี้สวิตช์ ได้อย่างถูกต้อง	0	1	1	0	2	
8. เลือกพร็อกซิมิตี้สวิตช์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง	0	0	1	0	1	
9. เขียนโปรแกรมควบคุมชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าและพร็อกซิมิตี้สวิตช์ได้อย่าง ถูกต้องตามเงื่อนไข	0	0	1	0	1	

10. ปฏิบัติการต่อวงจรพร็อกซิมิตี้สวิตช์ใช้งานร่วมกับ PLC และชุดทดลองได้อย่างถูกต้อง	0	0	0	1	1	

ตารางที่ 3 (ต่อ) วิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์

พฤติกรรม / เนื้อหา	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	ขั้นสูงกว่าการนำไปใช้	รวม	ลำดับความสำคัญ
การประยุกต์ใช้งานในงานอุตสาหกรรม						
1. อธิบายหลักการควบคุมตำแหน่งโดยใช้ชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าได้อย่างถูกต้อง	1	0	0	0	1	
2. เขียนโปรแกรมควบคุมตำแหน่งโดยใช้ชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าได้อย่างถูกต้อง	0	1	1	0	2	
3. ปฏิบัติการต่อ PLC ใช้งานชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าได้อย่างถูกต้อง	0	0	1	0	1	
รวม	6	15	16	3	40	
ลำดับความสำคัญ	3	2	1	4		

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแสดงจำนวนข้อสอบ ซึ่งจะได้จำนวนข้อสอบเรียงตามลำดับความสำคัญอันดับที่ 1 คือ การนำไปใช้งาน จำนวนข้อสอบ 16 ข้อ ความสำคัญอันดับ 2 ความเข้าใจ จำนวนข้อสอบ 15 ข้อ ความสำคัญอันดับ 3 คือความรู้ความจำจำนวน 6 ข้อความสำคัญอันดับที่ 4 จำนวน 3 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบทั้งหมด 40 ข้อ

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาวิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูงเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าที่สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 40 ข้อชนิดแบบปรนัยชนิด 5 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1คะแนนตอบผิดได้ 0 คะแนน แบบทดสอบนี้จะวัดความรู้ด้านความจำความเข้าใจและความสามารถเชิงปฏิบัติ การดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาโดยนำไปทดสอบกับกลุ่มทดลอง คือนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช

มงคลศรีวิชัยที่ลงทะเบียนเรียนวิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูง เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน

3.4.3.3 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

การสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน เกี่ยวกับการเรียนการทดลองด้วยชุดทดลอง เรื่อง ชุดสาธิตหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางร่วมกับใบงานทดลอง เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราจัดอันดับ (Rating Scale) หรือ การจัดอันดับคุณภาพจัดเรียงความคิดเห็นจาก มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด แทนด้วย 5 , 4 , 3 , 2 และ1 ตามลำดับ การแปลความหมายของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อชุดทดลองของผู้เรียนได้แก่

ระดับคะแนน	4.50	–	5.00 หมายถึง	มากที่สุด
ระดับคะแนน	3.50	–	4.49 หมายถึง	มาก
ระดับคะแนน	2.50	–	3.49 หมายถึง	ปานกลาง
ระดับคะแนน	1.50	–	2.49 หมายถึง	น้อย
ระดับคะแนน	1	–	1.49 หมายถึง	น้อยที่สุด

3.4.4 ขั้นตอนดำเนินการทดลองและรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและทดสอบหลังทดลอง One Group Pretest-Posttest Design

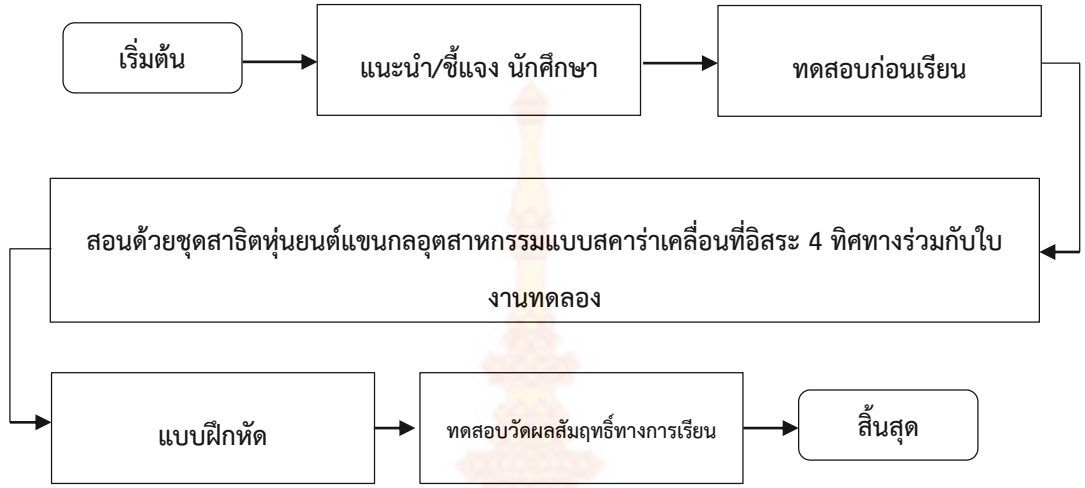
T_1	X	T_2

เมื่อ T_1 แทน การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

X แทน สอนโดยใช้ชุดทดลอง

T_2 แทน การทดสอบหลังการเรียน (Posttest)

แผนการเก็บข้อมูลแสดงดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

- แนะนำชี้แจงกับนักศึกษาตัวอย่างเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ และวิธีการที่จะเรียนด้วยชุดทดลอง
- ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียน
- สอนนักศึกษากลุ่มตัวอย่างด้วยชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง หลังจากการสอนจบแต่ละหน่วย
- ทดสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อทำการสอนครบทั้งหมดแล้วผู้วิจัยได้ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสอบปฏิบัติต่อ PLC ร่วมกับชุดทดลอง หลังจากการเรียนครั้งสุดท้าย 1 สัปดาห์

3.4.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง

$$\text{ร้อยละ} \quad \% = \frac{X \times 100}{N}$$

เมื่อ X คือ คะแนนแบบทดสอบ

N คือ จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบ

ค่าเฉลี่ยแบบทดสอบ

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ คะแนนแบบทดสอบ

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบ

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

เมื่อ S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ คะแนนของแต่ละคน

$\bar{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบ

การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

$$E_1 = \frac{\left(\sum \frac{X}{N}\right)}{A} \times 100$$

และ

$$E_2 = \frac{\left(\sum \frac{F}{N}\right)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้จากชุดทดลอง คิดเป็นร้อยละของคะแนนค่าเฉลี่ยจากการทาแบบฝึกหัดและการทำใบงานการทดลองทั้งหมด

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดทดลองนั้นแล้ว) คิดเป็นร้อยละของคะแนนค่าเฉลี่ย จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทั้งหมดและการสอบปฏิบัติ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และการทำใบงานการทดลอง

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสอบปฏิบัติ

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดและใบงานการทดลอง

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และการสอบปฏิบัติ

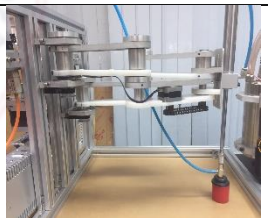
บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองของงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะประกอบไปด้วยผลการทดลอง การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลสคาร่าเพื่อหาประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ การนำชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางไปใช้สอนนักศึกษาเพื่อประเมินค่าประสิทธิภาพของชุดสาธิต และการทดสอบความพึงพอใจของนักศึกษา โดยผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

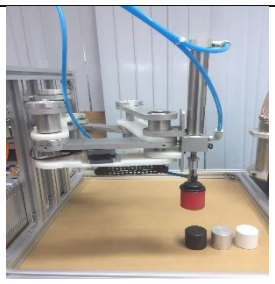
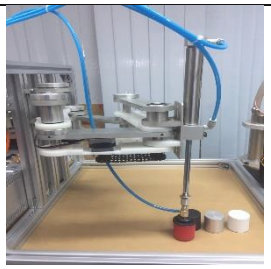
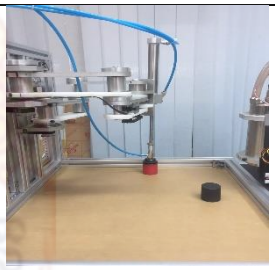
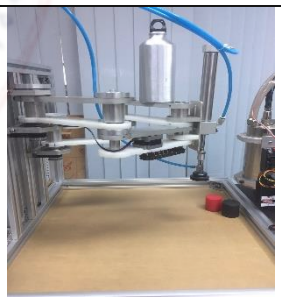
4.1 ผลทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ทำการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลสคาร่าโดยกำหนดจุดเคลื่อนที่ในการวางวัตถุแต่ละตำแหน่งเพื่อสังเกตค่าความแม่นยำในการวางชิ้นงานซึ่งวัดค่าความผิดพลาดด้วยไม้วัดระยะ ทำการเขียนโปรแกรมพีแอลซีทดสอบการทำงานซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมจากบริษัท Siemens ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองการวางวัตถุตามตำแหน่ง

ค่าตำแหน่ง(mm)	ค่าความผิดพลาด(%)	ลักษณะการวางวัตถุ
X=200, Y=0, Z=-200	0	
X=200, Y=0, Z=0	0	

ตารางที่ 4(ต่อ) ผลการทดลองการวางวัตถุตามตำแหน่ง

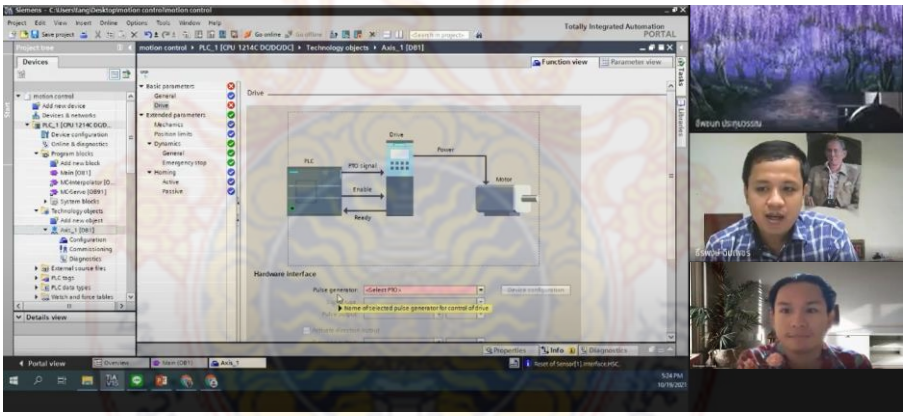
ค่าตำแหน่ง(mm)	ค่าความผิดพลาด(%)	ลักษณะการวางวัตถุ
X=100, Y=200, Z=0	Y=1.5%	
X=100, Y=200, Z=-200	Y=1.5%	
X=50, Y=-200, Z=-200	X=1% , Y= 1.6%	
X=150, Y=50, Z=0	X=1.5% , Y= 1%	

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4 พบได้ว่าเมื่อกำหนดตำแหน่งในการหยิบและวางวัตถุหุ่นยนต์แขนกลสคาร่าสามารถเคลื่อนที่ไปหยิบและยกชิ้นงานได้อย่างแม่นยำและสามารถนำชิ้นงานไปวางตรงตำแหน่งที่ผู้ใช้งานกำหนดได้ ซึ่งความผิดพลาดที่ผู้วิจัยสังเกตเห็นได้จากการวัดระยะนั้นมีค่าโดยรวมไม่

เกิน 2 เปอร์เซ็นต์อาจเป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดจากแมคคานิคส์ของตัวหุ่นยนต์ ทั้งนี้ผู้วิจัยพบได้ว่าความเร็วสูงสุดที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่จนค่าความผิดพลาดไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์นั้นมีค่าไม่เกิน 20 mm/s และจากการทดลองการรับภาระโหลดที่กระทำต่อแขนกลจำนวน 2 กิโลกรัมนั้นพบได้ว่าหุ่นยนต์แขนกลสคาร่ายังสามารถเคลื่อนที่และรักษาการวางตำแหน่งของวัตถุได้เป็นอย่างดี

4.2 ทดสอบหาประสิทธิภาพของการใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษา

ทำการนำชุดชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางไปใช้สอนนักศึกษารายวิชา โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูง รหัส 04-216-408 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โดยสอนการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ตามเงื่อนไข ลักษณะการสอนการใช้คำสั่งควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางแสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1การสอนการใช้คำสั่งควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ข้อมูลที่ได้คือคะแนนทดสอบก่อนเรียน คะแนนระหว่างเรียนท้ายการทดลอง จำนวน 3 ใบงานการทดลองและคะแนนทดสอบหลังเรียนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนการสอบปฏิบัติร่วมกับชุดทดลอง นักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12คน ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนและประสิทธิภาพของชุดทดลอง ที่ได้จากการเก็บคะแนนระหว่างเรียนด้วยแบบฝึกหัดของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 12 คน

นักศึกษา คนที่	คะแนนระหว่างเรียนท้ายการทดลอง		คะแนนผลสัมฤทธิ์ท้ายบทเรียน
	แบบฝึกหัด 40%	ใบงาน 60%	แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ร่วมกับชุดสาธิตฯ 100%
1	36	54	89
2	35	52	82
3	37	51	82
4	37	49	79
5	35	50	88
6	36	50	78
7	35	50	82
8	37	49	81
9	38	48	80
10	38	51	85
11	35	45	76
12	35	45	77
รวม	**434**	**594**	**979**
	$\sum x$ = 1028		$\sum y$ =979

จากสูตร

$$E_1 = \frac{\left(\sum \frac{x}{N}\right)}{A} \times 100$$

แทนค่า

$$E_1 = \frac{(1028/12)}{100} \times 100 = 85.66\%$$

จากสูตร

$$E_2 = \frac{\left(\sum \frac{F}{N}\right)}{B} \times 100$$

แทนค่า

$$E_2 = \frac{(979/12)}{100} \times 100 = 81.58\%$$

เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_1/E_2 = 95.25/81.58

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์และหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบ สคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

รายการ	**ค่าเฉลี่ยร้อยละ**
คะแนนระหว่างเรียนท้ายการทดลอง E_1	85.66
คะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน E_2	81.58
ประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_1/E_2	85.66/81.58

จากตารางที่ 6 ปรากฏว่านักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ทำคะแนนระหว่างเรียนท้ายการทดลองเฉลี่ยรวมร้อยละ 85.66 และทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยรวมร้อยละ 80.66 ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางคือ 85.66/81.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ 80/80

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

การศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางโดยใช้แบบสอบถามเป็นชนิดมาตราจัดอันดับ (Rating Scale) หรือ การจัดอันดับคุณภาพจัดเรียงความคิดเห็นจาก มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด แทนด้วย 5 , 4 , 3 , 2 และ1 ตามลำดับผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลนำมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยแสดงผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ลำดับที่	คำถาม	5	4	3	2	1	รวม	$\bar{x}$	S
1	ความเหมาะสมของชุดทดลองกับการเรียนวิชานี้หรือไม่	16	6	1	1	-	109	4.54	0.58
2	ชุดสาธิตช่วยให้ผู้เรียนเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้นหรือไม่	10	5	9	-	-	97	4.04	0.79
3	ขนาดของชุดสาธิตมีความเหมาะสม	18	3	2	1	-	110	4.58	0.66
4	ชุดสาธิตช่วยให้ผู้เรียนทดลองได้จริง	16	6	2	-	-	110	4.58	0.41
5	ชุดสาธิตใช้งานได้ง่าย	9	10	5	-	-	100	4.17	0.56
6	ใบงานการทดลองมีขั้นตอนชัดเจนเข้าใจง่าย	10	12	1	1	-	104	4.29	0.54
	ค่าเฉลี่ยรวม							**4.37**	**0.59**

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับความคิดเห็นระหว่าง 4.04 – 4.58 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.41 – 0.79 โดยในหัวข้อขนาดของชุดสาธิตมีความเหมาะสมและชุดสาธิตช่วยให้ผู้เรียนทดลองได้จริงมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.58 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 และในหัวข้อชุดสาธิตช่วยให้ผู้เรียนเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้นหรือไม่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.79 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลองในระดับมาก

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางเป็นงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อสร้างเป็นเครื่องมือที่เป็นนวัตกรรมการศึกษาสมัยใหม่ เพื่อประโยชน์ด้านการเรียนการสอนต่อนักศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จนทำให้นักศึกษาเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีความพร้อมด้านกำลังคนในงานหุ่นยนต์เพื่อการอุตสาหกรรมตามความต้องการของตลาดแรงงาน ตลอดจนเพื่อเป็นเครื่องมือในการบริการวิชาการแก่บุคลากรภายในและภายนอกซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยในแต่ละด้านดังนี้

5.1 ประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง เป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูงหรือรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้ฝึกปฏิบัติในการต่อวงจรไฟฟ้าการเขียนโปรแกรมควบคุมมีขั้วต่อสายที่สะดวก วงจรไฟฟ้าและวงจรนิวเมติกส์ที่ไม่ซับซ้อน คุณสมบัติของหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่านี้สามารถหยิบและวางวัตถุได้อย่างแม่นยำและสามารถนำชิ้นงานไปวางตรงตำแหน่งที่ผู้ใช้งานกำหนดได้ ซึ่งความผิดพลาดที่ได้จากการวัดระยะนั้นมีค่าโดยรวมไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์มีความเร็วสูงสุดที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่จนค่าความผิดพลาดไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์นั้นมีค่าไม่เกิน 20 mm/s และจากการทดลองการรับภาระโหลดที่กระทำต่อแขนกลจำนวน 2 กิโลกรัมยังสามารถทำให้แขนกลทำงานได้อย่างแม่นยำ จึงสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางมีระดับที่ดี

5.2 ประสิทธิภาพของการใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง สำหรับการเรียนการสอน

การสร้างชุดชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.66/81.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 80/80 ซึ่งจะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนระหว่างเรียนท้ายการทดลองมีค่าสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน อาจเป็นเพราะการทำคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียนท้ายการทดลองของผู้เรียนจะทำการทดสอบทันที หลังจากที่ทำการเรียนการสอนแต่ ซึ่งนักศึกษายังมีความเข้าใจและมีความจำดี

5.3 ความพึงพอใจของนักศึกษาที่ผ่านกระบวนการการเรียนการสอนโดยใช้ชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง

ความพึงพอใจของนักศึกษาที่ผ่านกระบวนการการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับความคิดเห็นระหว่าง 4.04 – 4.58 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.41 – 0.79 โดยในหัวข้อขนาดของชุดสาธิตมีความเหมาะสมและชุดสาธิตช่วยให้ผู้เรียนทดลองได้จริงมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.58 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 และในหัวข้อชุดสาธิตช่วยให้ผู้เรียนเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้นหรือไม่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.79 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลองในระดับมาก

5.4 ข้อเสนอแนะ

- การใช้ชุดทดลอง ผู้สอนจะต้องศึกษาคู่มือการใช้งานของชุดทดลองและจัดเตรียมทดสอบชุดทดลองให้มีความพร้อมก่อนการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจขบวนการทำงานของชุดทดลองก่อนการนำไปจัดการเรียนการสอนต่อไป

- การนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอนควรจัดผู้เรียนให้มีความเหมาะสมโดยการทดลองแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 2 คนต่อ 1 ชุด ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการทดลองและช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้ทั่วถึง

- ควรมีการสร้างชุดทดลองให้ครบทุกหัวข้อ ในรายวิชาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขั้นสูงหรือรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมเพื่อให้นักศึกษาได้มีความรู้ให้ครบทุกคำอธิบายรายวิชาและผู้ที่สนใจได้ศึกษา รวมทั้งจะได้มีสื่อชุดทดลอง ในการจัดการเรียนการสอนที่พอเพียงและช่วยให้ประเทศชาติประหยัดค่าใช้จ่ายไม่ต้องนำเข้าสื่อการเรียนการสอนจากต่างประเทศต่อไป

บรรณานุกรม

[1] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). (2560). รายงาน: อุตสาหกรรมที่ถูกมองข้ามในนโยบายไทยแลนด์ 4.0. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2563. แหล่งที่มา: http://www.knowledgefarm.in.th/industry-sector-and-thailand-4-0/

[2] สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (บีโอไอ). (2563). ประเภทกิจการที่ให้การส่งเสริมการลงทุน. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2563. แหล่งที่มา: https://www.boi.go.th/index.php?page=eligible_activities&language=th

[3] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (สกพอ.). (2562). ตลาดแรงงาน EEC สุดคึกคัก!!. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2563. แหล่งที่มา: https://www.eeco.or.th/

วิลัยพร ไชยสิทธิ์. (2560). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบจัดการนวัตกรรมสื่อการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการอ่านและการเขียนภาษาไทยสำหรับนักเรียนประถมศึกษาในโรงเรียนเขตพื้นที่ชายแดนอำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี : แบบมีส่วนร่วมของครูในท้องถิ่น. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.

[4] ชวลิต นฤมิตบวรกุล พีระยศ แสนโภชน์ และ วิทิต ฉัตรรัตนกุลชัย. (2555). “การออกแบบระบบควบคุมแบบคงทนสำหรับหุ่นยนต์สการาโดยใช้ทฤษฎีป้อนกลับเชิงปริมาณ”, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 : สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 240-247.

[5] ชานนท์ ลอยลม สิทธิพงษ์ รอดมาลัย และ วีรวุฒิ มะสิงห์. (2560). ชุดจำลองแขนกลอุตสาหกรรม. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า). มหาวิทยาลัยบูรพา .

[6] เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์. (2557). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนมัลติมีเดียรายวิชา“เขียนแบบวิศวกรรม” สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

[7] เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์. (2559). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนมัลติมีเดียรายวิชาการฝึกทักษะพื้นฐานทางวิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

[8] ธัญวรัตน์ แดงลิ่ม. (2559). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา ITE111: ระบบสารสนเทศเบื้องต้น สำหรับนักศึกษาวิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. มหาวิทยาลัยรังสิต.

[9] นิมิตร ตาน้อยและคณะ. (2562). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนด้านคอมพิวเตอร์รายวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวน) เรื่อง การออกแบบ และการเขียนโปรแกรมเบื้องต้นโดยใช้ภาษาไพทอน กรณีศึกษาโรงเรียนในเขตพื้นที่จังหวัดเลย ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

[10] บริษัท ที.เอ็น. เวิลด์ ซัพพลาย จำกัด. (2560). หุ่นยนต์อุตสาหกรรม. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2563. แหล่งที่มา: https://www.tngroup.co.th/media/article_detail/349

[11] บริษัท TKK CORPORATION. (2563). SCARA robot YK400XR. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2563. แหล่งที่มา: https://www.tkkcorporation.com/new-product-yamaha-scara-robot-yx400xr/

[12] วัฒนพล ชุมเพชร. (2562). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนเสริมภาษาอังกฤษในระดับปฐมวัย ผ่านเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสามมิติ. มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

[13] ศักดา สุขแสวง และ พีระยศ แสนโภชน์, “การควบคุมหุ่นยนต์สการา โดยใช้การควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองเพื่อประยุกต์ใช้ในงานบรรจุผลิตภัณฑ์”, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 2556. หน้า 224-231.

[14] อภิรพ แก้วมากและพิชิต เพ็งสุวรรณ. (2559). รายงานการวิจัยเรื่อง การสร้างสื่อการสอนชุดเครื่องเชื่อมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

[15] Ahmad Manasra, Ashraf AL Sharif, Ala Salaymeh, Yousef Natsheh. (2018). Design, control and implementation of SCARA robot for sorting missions with machine vision. Partial fulfillment of the requirements for the Bachelor degree(Mechatronics Engineering). Palestine Polytechnic University.

[16] H. Goya, K. Matsusaka, M. Uemura, Y. Nishioka, and S. Kawamura, "Realization of high-energy efficient pick-and-place tasks of scara robots by resonance," in Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on, 2012, pp. 2730-2735: IEEE.

[17] Hossain A. Hosain J., Hahan M. (2014). “Programming a Scara robot for manufacturing cell to assemble and produce medical devices”, ASEE Annual Conference and Exposition, June 15-18, 2014.

[18] Phansak Nerakae, Pichitra Uangpairoj, Kontorn Chamniprasart. (2016). Prototyping of Flexible Manufacturing System with Machine Vision. The 2nd International Conference

on Engineering Science and Innovative Technology (ESIT 2016), Phuket, Thailand, April 21 – 23 2016.

[19] S. Centinkunt. (2015)."Mechatronics with Experiments," ed: New Delhi: Wiley.Sonick Sur,i Anjali Jain, and Neelam Verma. (2 0 1 8). SCARA Industrial Automation Robot, International Conference on Power Energy, Environment and Intelligent Control (PEEIC)

[20] Z. Li and M. Molodova, “Method and Instrumentation for Detection of Rail Defects, in Particular Rail Top Defects,” European Patent,WO2011019273 (A1) 2011-02-17.

[21] M. Bentoumi, P. Aknin, and G. Bloch, “On-line rail defect diagnostics with differential eddy current probes and specific detection processing,”*Eur. Phys*. J. Appl. Phys., vol. 23, no. 3, Pages 227–233, 2003.