การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน

Development of a Robotic Arm Prototype for Innovation–based Learning

เศรษฐกาล โปร่งนุช[1] กฤษกร อินต๊ะวิชัย[2] อภิรักษ์ ธิตินฤมิต[3] ชนมภัทร โตระสะ[4] และ นารีนาถ รักสุนทร[5]
สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา[1]
E-mail: sethakarn.pr@ssru.ac.th[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจากการสร้างนวัตกรรม เพื่อพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกลมี 9 ขั้นตอน หุ่นยนต์แขนกลมีแกนหมุน 5 แกน ข้อมูลจำเพาะของหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วยน้ำหนัก (1.34 กิโลกรัม) ความสามารถในการยกวัตถุ (50 กรัม) ขอบเขตการทำงาน (151× 151 มิลลิเมตร) ความสูง (21 เซนติเมตร) ความยาวของแขนกลเมื่อเหยียดตรง (20.8 เซนติเมตร) ความยาวกริปเปอร์ (9.4 เซนติเมตร) ซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วยอัลกอริธึมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์แขนกลเขียนด้วยภาษา C/C++ และอัลกอริธึมส่วนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเขียนด้วยการโปรแกรมแบบต่อบล็อก ผลการทดลองบรรลุตามวัตถุประสงค์ โดยหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบทำงานได้สำเร็จตามฟังก์ชันการทำงานทั้ง 4 ฟังก์ชัน นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนในรายวิชาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ในปี พ.ศ. 2564 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐานมีค่าสูงกว่าปี พ.ศ. 2561 ถึง 17 คะแนน

คำสำคัญ: หุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ, การจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์

Abstract

This paper presents the development of a robotic arm prototype for innovation-based learning. This emphasizes on self-learning or learning by doing through the innovations to develop learners' learning potential. There are 9 steps for designing and constructing a robotic arm. One robotic arm has 5 spindles. The robotic arm specifications include arm weight (1.34 kg), payload (50 g), maximum reach (151× 151 mm), height (21 cm), length at full extension (20.8 cm), and gripper length (9.4 cm). The robotic arm control software comprises an algorithm for controlling a robotic arm with C/C++ and an algorithm for applications on a smartphone coding with block-base coding. The experimental results accomplished the objectives. The robotic arm prototype successfully performed 4 functions. Also, the mean score in 2021 of

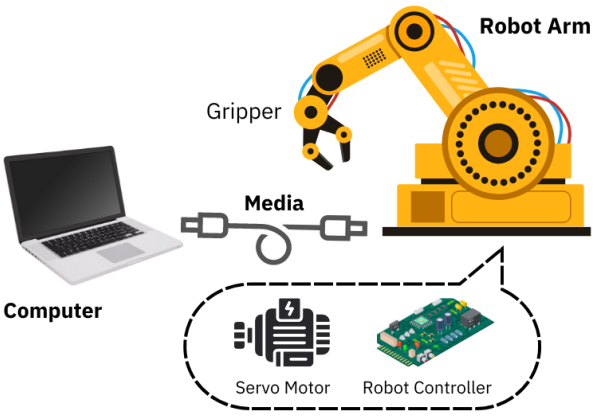
Microcontroller application for robots with the innovation-based learning was 17 points higher than of the same subject without innovation-based learning in 2018.

Keywords: Robotic Arm Prototype, Innovation–based Learning, Microcontroller Applications for Robots

1. บทนำ

หุ่นยนต์แขนกล (Robot Arm) คือ เครื่องจักรกลที่มีฟังก์ชันการทำงานคล้ายกับแขนของมนุษย์ [1] ควบคุมการทำงานผ่านโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน (Application) สถาปัตยกรรมของหุ่นยนต์ แสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วย 1) คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงาน 2) สื่อกลาง (Media) สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์แขนกล และ 3) หุ่นยนต์แขนกล โดยหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ตัวควบคุมหุ่นยนต์แขนกล เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) และอุปกรณ์เสริมสำหรับงานโดยเฉพาะ เช่น กริปเปอร์ (Gripper) หรือกริปเปอร์สูญญากาศ (Vacuum Gripper)

หุ่นยนต์แขนกลที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม (Industrial Robot) ถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อทำงานแทนมนุษย์ในงานแบบรูทีน (Routine Work) และงานที่มีความเสี่ยงอันตรายต่อชีวิต เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์แขนกลที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 7 ประเภท [2] ได้แก่ 1) หุ่นยนต์แขนกลชนิดข้อต่อ (Articulated) 2) หุ่นยนต์แขนกลแบบคาร์ทีเซียนหรือแบบแกน (Cartesian/Gantry) 3) หุ่นยนต์แขนกลทรงกระบอก (Cylindrical) 4) หุ่นยนต์แขนกลแบบขั้ว หรือแบบทรงกลม (Polar/Spherical) 5) หุ่นยนต์แขนกลเดลต้า (Parallelogram) 6) หุ่นยนต์แขนกลสกาล่า (SCARA: Selective Compliance Assembly) และ 7) หุ่นยนต์แขนกลที่ใช้งานร่วมกับมนุษย์ (Collaborative Robot/Cobot)



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของหุ่นยนต์แขนกล

การจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน (Innovation-based Learning: IBL) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจากการสร้างนวัตกรรมเพื่อพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะรายวิชาที่มีการฝึกปฏิบัติการจะใช้ผลลัพธ์เป็นฐานในการเรียนรู้ [3] ปัจจุบันสถาบันการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศมีการพัฒนา วิจัยเกี่ยวกับหุ่นยนต์มากมาย โดยเฉพาะหุ่นยนต์ประเภทแขนกล [4-5] นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนตั้งแต่การศึกษาแบบโฮมสคูล (Home School) และการศึกษาในระบบที่กล่าวถึงในบทความ [6]

การศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะที่ใช้ปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในการทำงานร่วมกัน (Soft Skills)

ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้นำเสนอ การสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน โดยหัวข้อที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบทำงานฟังก์ชันต่าง ๆ ที่กำหนด เช่น การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์แขนกลกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน การเคลื่อนที่ตามการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน การหยิบจับวัตถุ และการยกวัตถุน้ำหนัก 50 กรัม ด้วยกริปเปอร์ และเพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจากการสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ และพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน ในรายวิชาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

หัวข้อที่ 2 จะกล่าวถึงการศึกษาหุ่นยนต์แขนกล การจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน หัวข้อที่ 3 อธิบายถึงการสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน หัวข้อที่ 4 เป็นการนำเสนอการทดลองและผลการทดลอง สุดท้ายการวิเคราะห์และสรุปผลในหัวข้อที่ 5

2. หุ่นยนต์แขนกล

คณะผู้จัดทำได้ศึกษาหุ่นยนต์แขนกลและแบ่งประเภทของหุ่นยนต์แขนกล ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ หุ่นยนต์แขนกลที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม KR4 AGILUS และหุ่นยนต์แขนกลที่ใช้งานร่วมกับมนุษย์ ได้แก่ หุ่นยนต์แขนกล GoFa CBR 15000 หุ่นยนต์แขนกล AMBER B1 และ DOBOT MG400 รายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 หุ่นยนต์แขนกล KR4 AGILUS

หุ่นยนต์แขนกล KR4 AGILUS สร้างขึ้นโดยบริษัท KUKA [7] แสดงดังรูปที่ 2 หุ่นยนต์แขนกลนี้เป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์แขนกล KR4 AGILUS ประกอบด้วย แกนหมุน 6 แกน หรือเซอร์โวมอเตอร์ 6 ตัว น้ำหนัก 27 กิโลกรัม ยกวัตถุ (Payload) ได้ 4 กิโลกรัม ขอบเขตการทำงาน 601×601 มิลลิเมตร มีชุดควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็ก KR C5 สั่งการผ่านทาง KUKA smartPAD สามารถเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานด้วยภาษา KRL (KUKA Robot Language) หรือใช้ซอฟต์แวร์ KUKA.Sim ควบคุมและจำลองการทำงานผ่านสายแลน (LAN Cable)

รูปที่ 2 หุ่นยนต์แขนกล KR4 AGILUS

2.2 หุ่นยนต์แขนกล GoFa CBR 15000

หุ่นยนต์แขนกล GoFa CBR 15000 ผลิตโดยบริษัท ABB [8] แสดงดังรูปที่ 3 เป็นหุ่นยนต์แขนกลที่ใช้งานร่วมกับมนุษย์

รูปที่ 3 หุ่นยนต์แขนกล GoFa CBR 15000

หุ่นยนต์แขนกล GoFa CBR 15000 ประกอบด้วยแกนหมุน 6 แกน น้ำหนัก 28 กิโลกรัม ยกวัตถุได้ 5 กิโลกรัม ขอบเขตการทำงาน 950×950 มิลลิเมตร มีชุดควบคุมหุ่นยนต์ OmniCore C30 สั่งการผ่านทาง FlexPendant สามารถเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานด้วยชุดคำสั่ง RAPID และการโปรแกรมแบบบล็อก (Block-based Coding) หรือใช้ซอฟต์แวร์ RobotStudio ควบคุมและจำลองการทำงานผ่านสายแลน

2.3 หุ่นยนต์แขนกล AMBER B1

หุ่นยนต์แขนกล AMBER B1 พัฒนาโดยบริษัท AMBER Robotics [9] แสดงดังรูปที่ 4 เป็นหุ่นยนต์แขนกลที่ใช้งานร่วมกับมนุษย์ หุ่นยนต์แขนกล AMBER B1 ประกอบด้วยแกนหมุน 7 แกน น้ำหนัก 7.8 กิโลกรัม ยกวัตถุได้ 3 กิโลกรัม ขอบเขตการทำงาน 581×581 มิลลิเมตร ใช้บอร์ด Raspberry Pi 4 ควบคุมหุ่นยนต์ สั่งการผ่านทาง AIOS (All In One Servo) สามารถเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานด้วยภาษา C/C++ ภาษา Python หรือ ใช้ซอฟต์แวร์ AMBER Robot Studio ควบคุมการทำงานผ่านสายแลน

รูปที่ 4 หุ่นยนต์แขนกล AMBER B1

2.4 หุ่นยนต์แขนกล DOBOT MG400

หุ่นยนต์แขนกล DOBOT MG400 พัฒนาโดยบริษัท Shenzhen Yuejiang Technology [10] แสดงดังรูปที่ 5 เป็นหุ่นยนต์แขนกลที่ใช้งานร่วมกับมนุษย์ หุ่นยนต์แขนกล DOBOT MG400 ประกอบด้วยแกนหมุน 4 แกน น้ำหนัก 8 กิโลกรัม สามารถยกวัตถุได้ 500 กรัม ขอบเขตการทำงาน 440×440 มิลลิเมตร นิยมนำมาใช้งานบนโต๊ะทำงานร่วมกับมนุษย์ สามารถเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานด้วยภาษา Python และการเขียนโค้ดแบบบล็อกหรือใช้ซอฟต์แวร์ DOBOT Studio ควบคุมและจำลองการทำงานผ่านสายแลน

รูปที่ 5 หุ่นยนต์แขนกล DOBOT MG400

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตของสาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์ [11] และสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ [12] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามีการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐานในรายวิชาที่มีการฝึกปฏิบัติการ ได้แก่ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับหุ่นยนต์ การออกแบบกลไกหุ่นยนต์ ฝึกปฏิบัติวิศวกรรมหุ่นยนต์ 1 และ 2 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับหุ่นยนต์ และวิศวกรรมหุ่นยนต์

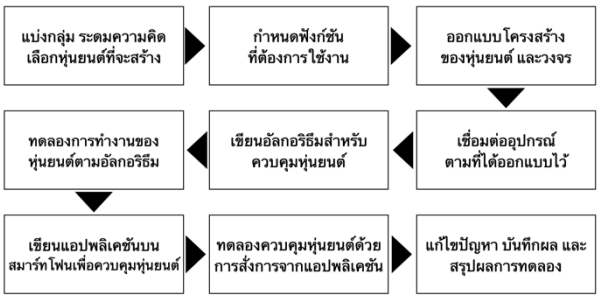
การจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน [3] ใช้ผลลัพธ์เป็นฐานในการเรียนรู้ โดยขั้นตอนของการเรียนรู้จะเป็นเทคนิคการสื่อสารแบบสองทาง (Two-way Communication) ที่มีการตอบโต้ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนตลอดเวลา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจ และเกิดแรงจูงใจในการนำนวัตกรรมมาใช้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ หัวข้อถัดไปจะนำเสนอการสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน

4. การสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน

วิชาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์เป็นวิชาเลือกเฉพาะด้าน หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา [13] ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) ทักษะเชิงวิชาการ ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์พื้นฐาน การเลือกรูปแบบของหุ่นยนต์ การใช้งานตัวควบคุม การเลือกใช้งานเซ็นเซอร์แบบต่าง ๆ การควบคุมมอเตอร์ รวมองค์ประกอบของหุ่นยนต์ การควบคุมหุ่นยนต์ การโปรแกรมการทำงานให้กับหุ่นยนต์

2) ทักษะที่ใช้ปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในการทำงานร่วมกัน ได้แก่ ทัศนคติ การทำงานเป็นทีมและการสื่อสาร ภาวะผู้นำ แรงจูงใจ ความคิดเชิงสร้างสรรค์ จรรยาบรรณการทำงาน และการแก้ปัญหา



รูปที่ 6 ขั้นตอนการสร้างหุ่นยนต์

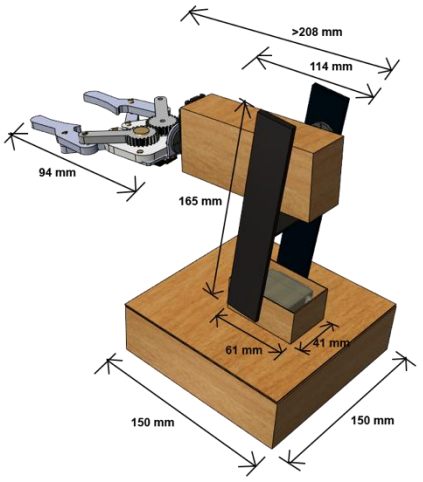
การสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน มี 9 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 6 ขั้นตอนที่ 1 แบ่งกลุ่ม ระดมความคิดเลือกหุ่นยนต์ที่จะสร้าง ขั้นตอนที่ 2 กำหนดฟังก์ชันที่

ต้องการใช้งาน ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์และวงจร ขั้นตอนที่ 4 เชื่อมต่ออุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ ขั้นตอนที่ 5 เขียนอัลกอริธึมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์ ขั้นตอนที่ 6 ทดลองการทำงานของหุ่นยนต์ตามอัลกอริธึม ขั้นตอนที่ 7 เขียนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ขั้นตอนที่ 8 ทดลองควบคุมหุ่นยนต์ด้วยการสั่งการต่าง ๆ จากแอปพลิเคชัน และขั้นตอนสุดท้ายแก้ไขปัญหา บันทึกผลและสรุปผลการทดลอง รายละเอียดการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ และการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบนำเสนอในหัวข้อถัดไป

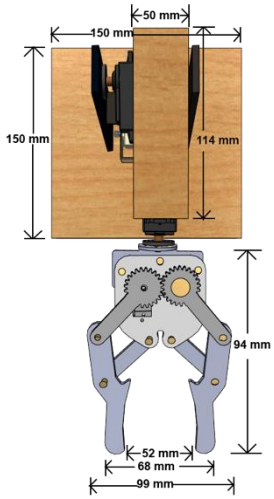
4.1 การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ

การออกแบบหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบในรูปแบบ 3 มิติด้านข้างและด้านบน ด้วยซอฟต์แวร์ SketchUp for Schools แสดงดังรูปที่ 7 - 8 เรียงตามลำดับ ความสูง 21 เซนติเมตร แขนกลสามารถเหยียดตรงได้ 20.8 เซนติเมตร ที่ปลายแขนติดกริปเปอร์ยาว 9.4 เซนติเมตร

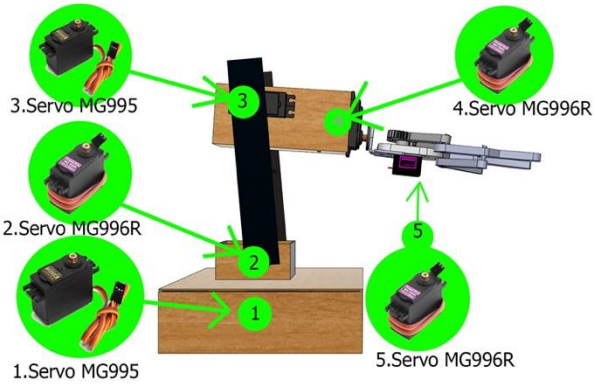
การออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ของหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วย แกนหมุน 5 แกน หรือเซอร์โวมอเตอร์รุ่น MG996R หมุนได้ 180 องศา และมีเฟืองเป็นโลหะ จำนวน 5 ตัว แสดงดังรูปที่ 9 แกนหมุนที่ 1 เคลื่อนตามแนวราบระหว่าง 0 - 180 องศา แกนหมุนที่ 2 เคลื่อนที่แนวดิ่งระหว่าง 65 - 120 องศา แกนหมุนที่ 3 เคลื่อนที่แนวดิ่งระหว่าง 60 - 130 องศา แกนหมุนที่ 4 เคลื่อนที่แนวราบระหว่าง 0 - 180 องศา และแกนหมุนที่ 5 เคลื่อนที่แนวราบระหว่าง 35 - 95 องศา



รูปที่ 7 การออกแบบหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ 3 มิติ ด้านข้าง



รูปที่ 8 การออกแบบหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ 3 มิติ ด้านบน



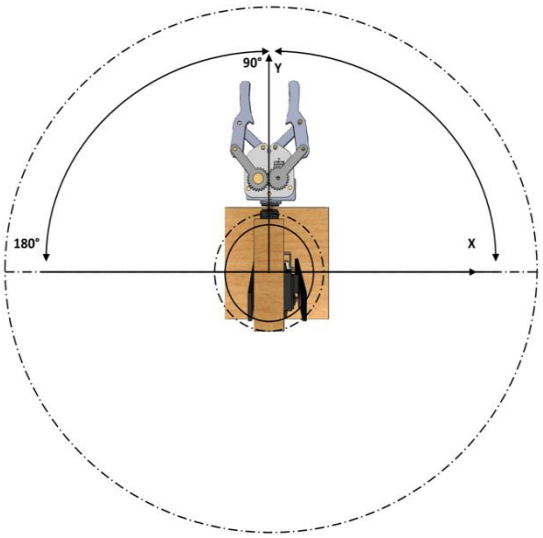
รูปที่ 9 การออกแบบหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ

แขนกลจะสามารถทำงานได้แม่นยำขึ้น เมื่อเพิ่มตัวควบคุม PID [14] เซอร์โวมอเตอร์สามารถคำนวณหาแรงบิด (Torque) ได้จากสมการ

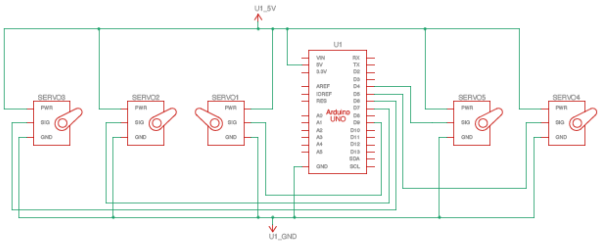
$$\text{Torque} = F \times L \quad (1)$$

เมื่อ F คือ แรงของนิวตัน และ L คือ ความยาวของคาน

หุ่นยนต์แขนกลมีน้ำหนัก 1.34 กิโลกรัม สามารถยกวัตถุได้ 50 กรัม สามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน x ได้ 0 - 180 องศา และในแนวแกน y ได้ 0-90 องศา มีระยะรัศมีทำการ 75.5 มิลลิเมตรแสดงดังรูปที่ 10 การเชื่อมต่อสายสัญญาณกับเซอร์โวมอเตอร์ออกแบบด้วยโปรแกรม Tinkercad [15] แสดงดังรูปที่ 11

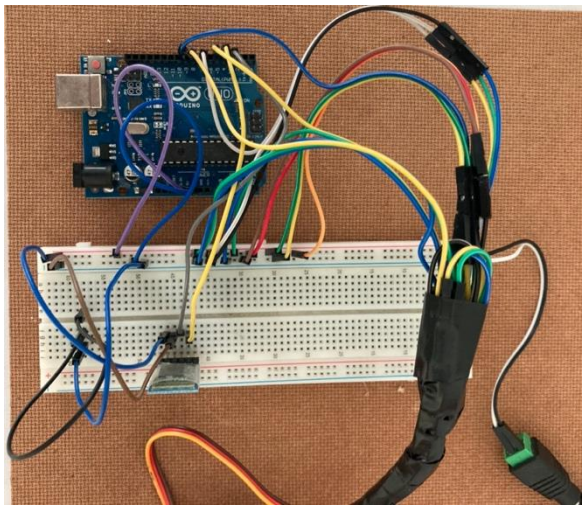


รูปที่ 10 ขอบเขตการทำงาน

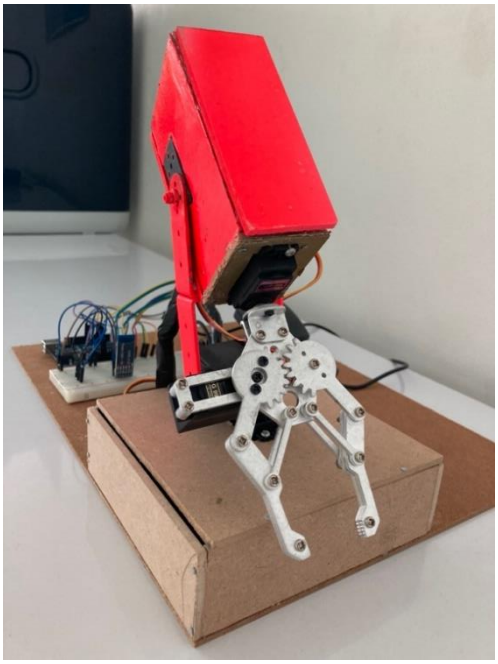


รูปที่ 11 การเชื่อมต่อสายสัญญาณกับเซอร์โวมอเตอร์

หุ่นยนต์แขนกลใช้บอร์ด Arduino UNO R3 สำหรับการควบคุม แสดงดังรูปที่ 12 การสั่งการผ่านทางแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน (Smartphone) ที่เชื่อมต่อกับโมดูลบลูทูธ (Module Bluetooth) รุ่น HC-05 ผ่านสัญญาณบลูทูธ ด้วยความเร็ว 3 เมกกะบิตต่อวินาที (Megabits Per Second) ที่ความถี่ 2.4 GHz หรือควบคุมการทำงานผ่านสาย USB-A to USB-B เลือกใช้ไม้อัดเป็นโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกลแสดงดังรูปที่ 13 และส่วนประกอบอื่น ๆ สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด ต้นทุนรวมประมาณ 1,730 บาท



รูปที่ 12 บอร์ด Arduino UNO R3 ควบคุมหุ่นยนต์แขนกล



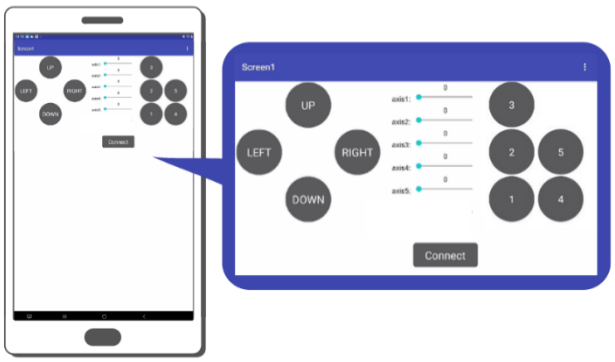
รูปที่ 13 หุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ

4.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ

ตารางที่ 1 อัลกอริธึมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

```
1:  INITIAL ArmPosition = 0
2:  Bluetooth Connection()
3:  INPUT Receive ArmPosition from Bluetooth ()
4:  SWITCH (ArmPosition)
5:  CASE 1: (PositionA)
6:      OUTPUT Robot arm axis1 move left
7:      BREAK
8:  CASE 2: (PositionB)
9:      OUTPUT Robot arm axis1 move right
10:     BREAK
11: CASE 2: (PositionC)
12:     OUTPUT Robot arm axis2 move up
13:     BREAK
14: CASE 3: (PositionD)
15:     OUTPUT Robot arm axis2 move down
16:     BREAK
17: CASE 4: (PositionE)
18:     OUTPUT Robot arm axis3 move up
19:     BREAK
20: CASE 5: (PositionF)
21:     OUTPUT Robot arm axis3 move down
22:     BREAK
20: CASE 5: (PositionG)
21:     OUTPUT Robot arm axis4 move up
22:     BREAK
20: CASE 5: (PositionH)
21:     OUTPUT Robot arm axis4 move down
22:     BREAK
20: CASE 5: (PositionI)
21:     OUTPUT Robot arm axis5 move up
22:     BREAK
20: CASE 5: (PositionJ)
21:     OUTPUT Robot arm axis5 move down
22:     BREAK
23: END CASE
```

อัลกอริธึมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบเขียนด้วยภาษา C/C++ บน Arduino IDE 2.0 รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 บรรทัดที่ 1 กำหนดค่าเริ่มต้นหุ่นยนต์แขนกล “ArmPosition” มีค่าเท่ากับ ‘0’ บรรทัดที่ 2 ฟังก์ชันการเชื่อมต่อบลูทูธ “Bluetooth Connection()” กับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน บรรทัดที่ 3 รับค่าอินพุต “ArmPosition” จากการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน บรรทัดที่ 4-23 แสดงเงื่อนไขสำหรับการสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ตามการควบคุม



รูปที่ 14 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

การพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) หรือแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านสัญญาณบลูทูธ แสดงดังรูปที่ 14 พัฒนาบน Kodular [16] ด้วยการโปรแกรมแบบต่อบล็อก (Block-based Programming) ประกอบด้วยปุ่มควบคุมทิศทาง 4 ปุ่ม (UP, DOWN, LEFT, RIGHT) ปุ่มควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 5 ปุ่ม โดยเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวสามารถปรับความเร็วได้ตั้งแต่ 0 - 255 หรือ 8 บิต

ตารางที่ 2 อัลกอริธึมส่วนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

1:	Bluetooth Connection()
2:	**INPUT** UP, DOWN, LEFT, RIGHT, axis1, axis2, axis3, axis4, axis5, Button1, Button2, Button3, Button4, Button5
3:	**IF** (Button1 && axis1 && LEFT)
4:	**OUTPUT** Send “PositionA” via Bluetooth()
5:	**IF** (Button1 && axis1 && RIGHT)
6:	**OUTPUT** Send “PositionB” via Bluetooth()
7:	**IF** (Button2 && axis2 && UP)
8:	**OUTPUT** Send “PositionC” via Bluetooth()
9:	**IF** (Button2 && axis2 && DOWN)
10:	**OUTPUT** Send “PositionD” via Bluetooth()
11:	**IF** (Button3 && axis3 && UP)
12:	**OUTPUT** Send “PositionE” via Bluetooth()
13:	**IF** (Button3 && axis3 && DOWN)
14:	**OUTPUT** Send “PositionF” via Bluetooth()
15:	**IF** (Button4 && axis4 && UP)
16:	**OUTPUT** Send “PositionG” via Bluetooth()
17:	**IF** (Button4 && axis4 && DOWN)
18:	**OUTPUT** Send “PositionH” via Bluetooth()
19:	**IF** (Button5 && axis5 && UP)
20:	**OUTPUT** Send “PositionI” via Bluetooth()
21:	**IF** (Button5 && axis5 && DOWN)
22:	**OUTPUT** Send “PositionJ” via Bluetooth()
23:	**END IF**

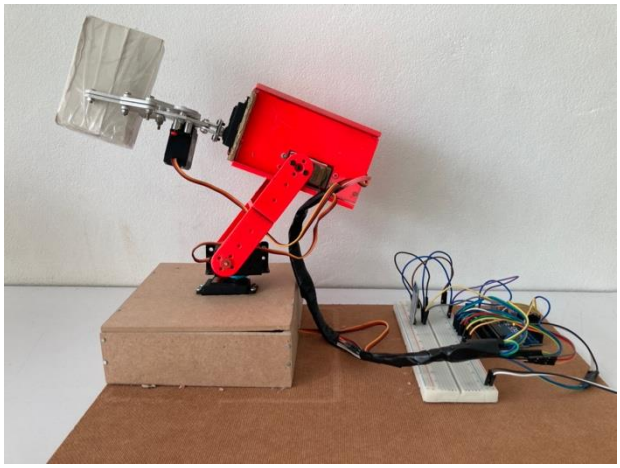
อัลกอริธึมส่วนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแสดงในตารางที่ 2 บรรทัดที่ 1 ฟังก์ชันการเชื่อมต่อบลูทูธ “Bluetooth Connection()” กับหุ่นยนต์แขนกล บรรทัดที่ 2 แสดงอินพุตที่ใช้ ได้แก่ ทิศทางต่าง ๆ แกน หรือตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 5 ตัว และความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวแทนด้วยตัวแปร “axis” และบรรทัดที่ 3 แสดงเงื่อนไขและเอาต์พุตที่เกิดขึ้นกับหุ่นยนต์แขนกล

5. การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่

1) การทดลองที่ 1 ทดลองตามฟังก์ชันการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ เช่น การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์แขนกลกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน การเคลื่อนที่ตามการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน การหยิบจับวัตถุ และการยกวัตถุน้ำหนัก 50 กรัม ด้วยกริปเปอร์ ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 การยกวัตถุน้ำหนัก 50 กรัม ด้วยกริปเปอร์

2) การทดลองที่ 2 ประเมินผลการเรียนรู้จากนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 24 คนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ โดยมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา พ.ศ. 2564 นำมาเปรียบเทียบกับการเรียนรู้จากนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 37 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา พ.ศ. 2561 ในรายวิชาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ที่ไม่ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน

5.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1 แสดงในตารางที่ 3 ข้อมูลในตารางแสดงผลสำเร็จจากการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบตามฟังก์ชันการทำงานทั้ง 4 ฟังก์ชัน ทำซ้ำฟังก์ชันละ 100 ครั้ง

ผลการทดลองที่ 2 แสดงผลการประเมินผลการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐานเปรียบเทียบกับการเรียนรู้ในรายวิชาเดียวกันที่ไม่ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐาน ในตารางที่ 4 พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐานในรายวิชาของปี พ.ศ. 2564 นั้น มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงกว่าปี พ.ศ. 2561 ถึง 17 คะแนน และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 1 เท่านั้นซึ่งวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ที่สอนในปี พ.ศ. 2561 นั้นมุ่งเน้นทักษะเชิงวิชาการเพียงด้านเดียว ส่งผลให้นักศึกษาขาดทักษะที่ใช้ปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในการทำงานร่วมกัน และการลงมือปฏิบัติ หัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงบทสรุป

ตารางที่ 3 ผลทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ

การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบ	**ผลการทดลอง**
การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์แขนกลกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน	100%
การเคลื่อนที่ตามการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน	100%
การหยิบจับวัตถุด้วยกริปเปอร์	100%
การยกวัตถุน้ำหนัก 50 กรัม ด้วยกริปเปอร์	83.65%

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการประเมินผลการเรียนรู้สำหรับวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์

ประเด็นการเปรียบเทียบ	**จำนวนนักศึกษา**	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน**
พ.ศ. 2561	37	67	0.5
พ.ศ. 2564	24	84	0.4

6. สรุป

การสร้างหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐานที่ได้นำเสนอในบทความนี้ มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจากการสร้างนวัตกรรม

เพื่อพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ หุ่นยนต์แขนกล และซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์แขนกล หุ่นยนต์แขนกล ประกอบด้วย แกนหมุน 5 แกน น้ำหนัก 1.34 กิโลกรัม สามารถยกวัตถุได้ 50 กรัม ขอบเขตการทำงาน 151× 151 มิลลิเมตร ความสูง 21 เซนติเมตร แขนกลสามารถเหยียดตรงได้ 20.8 เซนติเมตร ที่ปลายแขนติดกริปเปอร์ความยาว 9.4 เซนติเมตร โดยซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์แขนกล ประกอบด้วยอัลกอริธึมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์แขนกล เขียนด้วยภาษา C/C++ และอัลกอริธึมส่วนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเขียนด้วยการโปรแกรมแบบต่อบล็อก

ผลการทดลองบรรลุตามวัตถุประสงค์ โดยหุ่นยนต์แขนกลต้นแบบสามารถทำงานได้สำเร็จตามฟังก์ชันการทำงานทั้ง 4 ฟังก์ชัน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐานในรายวิชาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ ของปี พ.ศ. 2564 นั้น มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงกว่าปี พ.ศ. 2561 ถึง 17 คะแนน และในอนาคตจะสามารถพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลเป็นชุด ๆ เพื่อความสะดวกต่อการนำไปใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน และนำแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเป็นฐานไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาที่มีการฝึกปฏิบัติการได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท เอ็ดดูเคชั่น ออโตเมชั่น ซิสเต็ม จำกัด บริษัท ซีเทค ไดแด็คติค จำกัด บริษัท ยูเอสอี.โฟล-ไลน์ จำกัด และบริษัทออโต ไดแด็กติก จำกัด สำหรับการสนับสนุนหุ่นยนต์แขนกลเพื่อการศึกษา และนักศึกษาช่วยงานจากสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ นายกนก ศุภลักษณ์ นายณัฐพล กลั่นเพชร์ และนายณัฐกิตต์ สิขเรศสกุล พร้อมด้วยนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เอกสารอ้างอิง

[1] C. S. Dhanalakshmi, P. Madhu, M. N. Hemachandran, M. V. Muthukumar, and L. H. Arvinth, “Design and Fabrication of Robotic Arm for the assembly of Phase Selector Switch,” In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1059, No.1, 2021.

[2] บริษัท โรโบแมค ซิสเต็มส์ จำกัด, “หุ่นยนต์อุตสาหกรรม หรือ แขนหุ่นยนต์ 8 ประเภทที่พบบ่อย,” ROBOMAC. Accessed: Sep. 25, 2022. [Online]. Available: http://www.robomac.co.th/8-types-of-industrial-robotic-arms.html

[3] เศรษฐกาล โปร่งนุช และสุชาดา สิทธิ์จงสถาพร, “การพัฒนาการเรียนการสอนแบบเน้นนวัตกรรมเป็นฐานด้วยโครงงานขนาดเล็กสำหรับวิชาระบบดิจิทัลขั้นสูง,” Engineering Transactions, ปีที่ 24 ฉบับที่ 1(50) พ.ศ. 2564

[4] A. S. Ahmed, H. A. Marzog, and L. A. Abdul-Rahaim, “Design and implement of robotic arm and control of moving via IoT with Arduino ESP32,” International Journal of

Electrical and Computer Engineering, Vol. 11, No.5, 2021.

[5] M. H. Korayem, M. A. Madihi, and V. Vahidifar, “Controlling surgical robot arm using leap motion controller with Kalman filter,” Measurement, Vol.178, 2021.

[6] เศรษฐกาล โปร่งนุช, อภิรักษ์ ธิตินฤมิต, กฤษกร อินต๊ะวิชัย, ชนมภัทร โตระสะ และนารีนาถ รักสุนทร, “หุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อการศึกษาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง,” Engineering Transactions, ปีที่ 24 ฉบับที่ 2(51) พ.ศ. 2564

[7] KUKA AG, “KR 4 AGILUS,” KUKA. Accessed: Sep. 25, 2022. [Online]. Available: https://www.kuka.com/th-th/ผลิตภัณฑ์/ระบบหุ่นยนต์/หุ่นยนต์อุตสาหกรรม/kr-4-agilus

[8] ABB, “GoFa™ CRB 15000,” ABB. Accessed: Sep. 25, 2022. [Online]. Available: https://new.abb.com/products/robotics/collaborative-robots/crb-15000

[9] AMBER Robotics, “5 ACTUATOR MODELS CAN CREAT 100+ DIFFERENT ROBOT ARMS,” AMBER. Accessed: Sep. 25, 2022. [Online]. Available: http://www.amberobotics.com/#/freedomInfo

[10] DOBOT, “MG400,” DOBOT. Accessed: Sep. 25, 2022. [Online]. Available: https://en.dobot.cn/products/desktop-four-axis/mg400.html

[11] สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์, “หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์ หลักสูตรใหม่ พ.ศ.2565,” สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. Accessed: Sep. 25, 2022. [Online]. Available: https://drive.google.com/file/d/16D7Bqup-cCE58SzMSadWR5SNROe2dq4/view

[12] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, “หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2558,” สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. Accessed: Sep. 25, 2022. [Online]. Available: http://www.ce.fit.ssru.ac.th/page/curricurum2558

[13] เศรษฐกาล โปร่งนุช, “รายละเอียดของรายวิชา CPE5021 การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์,” Aj'Sethakarn Prongnuch Website. Accessed: Sep. 28, 2022. [Online]. Available: https://drive.google.com/file/d/1QWrEbH9JxBhpj_TPAycUSvX4IhqOvcv_/view

[14] I. M. Batiha, S. A. Njadat, R. M. Batyha, A. Zraiqat, A. Dababneh, and S. Momani, “Design fractional-order PID controllers for single-joint robot arm model,” International Journal of Advances in Soft Computing and its Applications, Vol. 14, No.2, 2022.

[15] Autodesk, Inc., “AUTODESK Tinkercad,” AUTODESK. Accessed: Sep. 30, 2022 .

[Online]. Available: https://www.tinkercad.com/

[16] Kodular, “KODULAR Much more than a modern app creator without coding,” Kodular. Accessed: Sep. 26, 2022. [Online]. Available: https://www.kodular.io/