

การพัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ
เพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว
**Development of lowcost 3D printing robot
for learning embedded system**

ศุภชัย ทองสุข

Supachai Thongsuk

สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Software Engineering, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Sisaket Rajabhat University

Received: November 28, 2020; Revised: April 05, 2021; Accepted: April 17, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – This research aimed to 1) design and develop the robot with a 3D printing technique, 2) to evaluate performance of low cost robot for learning embedded system, and 3) to evaluate the achievement in the study of learning embedded system using low cost robot. According to the sample group of this research, there were 5 specialists in computer, and 50 secondary-students who attend the project. Additionally, the instrument used in this research are the questionnaire and the learning achievement test. As a result, it was presented that 1) the development result had robot characteristics which resembles human consisting of the upper part named head, body, and arms. The lower part had wheel moving part and line tracking sensors. The robot structure was printed with 3D printer using the PLA plastic. 2) the performance evaluation result found that the overall of the design and the development of the robot were in the ‘good’ level with a mean of 4.40 and a standard deviation of 0.50 3) learning achievement of students after learning was higher than the mean score of pre-learning with 0.05 level of statistical significance.

KEYWORDS: 3D Printing, Robot, Embedded System

บทคัดย่อ -- การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำเพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว 3) เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวด้วยหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 ท่าน และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 50 คน โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนาได้หุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์โดยประกอบด้วยส่วนท่อนบน คือ หัว ลำตัว แขน ส่วนท่อนล่างมีส่วนการเคลื่อนที่ด้วยล้อและเซนเซอร์ตรวจจับเส้น โครงสร้างพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ด้วยวัสดุเส้นพลาสติก พีแอลเอ 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพพบว่าภาพรวมของการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.40 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: การพิมพ์ 3 มิติ, หุ่นยนต์, ระบบสมองกลฝังตัว

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวเป็นส่วนหนึ่งในอุปกรณ์ไฟฟ้าหลากหลายชนิดในชีวิตประจำวันรอบตัวโดยมีการเพิ่มความสามารถและความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ที่ถูกตั้งค่าไว้ในการเรียนรู้การพัฒนาซอฟต์แวร์โดยเฉพาะหลักสูตรซอฟต์แวร์ในอุปกรณ์ฝังตัวได้มีการเรียนการสอนในระดับประถม มัธยม หรืออุดมศึกษาของไทย ผ่านรายวิชาวิทยาการคำนวณ โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่เป็นอุปกรณ์ระบบสมองกลฝังตัวเป็นหนึ่งในเนื้อหา ซึ่งหลากหลายสถาบันการศึกษาในประเทศไทยที่ประสบความสำเร็จในหลักสูตรการเรียนรู้ด้านวิทยาการคำนวณได้ประยุกต์นำเอาหุ่นยนต์ที่สามารถเขียนซอฟต์แวร์การทำงานหรือเป็นระบบสมองกลฝังตัวในหุ่นยนต์เป็นตัวสร้างความสนใจและสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบใหม่สำหรับนักเรียน โดยเริ่มจากความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์ การจัดกิจกรรมฝึกอบรมหุ่นยนต์ ตลอดจนการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์ และตอบโจทย์ยุทธศาสตร์ชาติเพื่อพัฒนาให้เป็นประเทศไทยยุค 4.0 แต่รูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวจำเป็นต้องจัดหาหุ่นยนต์สำหรับการเรียนรู้ที่ค่อนข้างมีราคาสูง โดยเฉพาะสถาบันการศึกษาขนาดเล็ก เช่น โรงเรียนในระดับภูมิภาค หรือสถานศึกษาที่มีงบประมาณน้อยไม่สามารถจัดซื้ออุปกรณ์การเรียนการสอนนี้ได้ และบางหน่วยงานมีอุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อจำนวนของผู้เรียน สำหรับปัญหาดังกล่าวได้มีการสำรวจพบว่าการจัดซื้อหุ่นยนต์เพื่อการศึกษาจำเป็นต้องสั่งซื้อแบบประกอบสำเร็จจากบริษัทต่างประเทศหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งมีราคาสูงมีราคาตั้งแต่ราคาหลักหมื่นจนถึงหลักแสน ขึ้นกับความสามารถในการทำงาน และการสร้างหุ่นยนต์จากวัสดุต่างๆ เองนั้นค่อนข้างยากเนื่องจากมีรายละเอียดอุปกรณ์ค่อนข้างเยอะ ขนาดเล็ก มีกลไกการเคลื่อนไหวซับซ้อนยากแก่การพัฒนา แต่ปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีการพิมพ์แบบ 3 มิติ ที่ราคาของเครื่องและวัสดุถูกลงโดยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มีความสามารถในการพิมพ์วัสดุที่ค่อนข้างละเอียดถึงระดับไมครอนในแต่ละชั้น เมื่อพิจารณาถึงความสามารถของเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และด้วยราคาที่หาซื้อได้ง่ายในปัจจุบัน จึงเป็นโอกาสที่จะใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนี้โดยจะมีศึกษาและออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เพื่อนำมาใช้ในภาคการศึกษาของประเทศไทย เป็นสื่อการเรียนรู้ซอฟต์แวร์ในระบบสมองกลฝังตัว ซึ่งในงานวิจัยนี้จะได้ออกแบบส่วนกลไกและการควบคุมด้วยบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ที่ราคาถูก

กว่าที่ขายแบบสำเร็จตามท้องตลาดทั่วไป รองรับการพัฒนาชุดคำสั่งได้หลากหลาย และยังสามารถหาซื้อได้ง่าย ตอบโจทย์การพัฒนาชาติและเยาวชนในการเรียนรู้ด้านวิทยาการหุ่นยนต์ในภาคการศึกษาไทย

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ
- 1.1.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ
- 1.1.3 เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะด้านระบบสมองกลฝังตัวด้วยหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำ

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

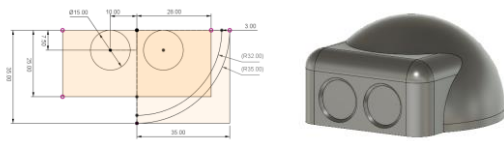
2.1 หุ่นยนต์

หุ่นยนต์ [1] หมายถึง เครื่องยนต์ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างและลักษณะรูปร่างแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งหุ่นยนต์จะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่าง ๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ทั่วไปแล้วหุ่นยนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน คือ หุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่ (fixed robot) เป็นหุ่นยนต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตัวเอง ถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และหุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้ (mobile robot) สามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตัวเอง โดยการใช้ล้อหรือการใช้ขาหุ่นยนต์ประเภทนี้ถูกใช้ในการเพื่อวิจัยและยังใช้สำหรับการเรียนรู้ทางด้านการเขียน โปรแกรมในภาคการศึกษา

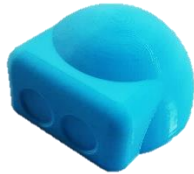
2.2 การพิมพ์ 3 มิติ

การพิมพ์ 3 มิติ [2] เป็นกระบวนการสร้างวัตถุสามมิติโดยการเติมชั้นของวัสดุต่อๆ กันภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ โดยวัตถุสามมิติจะถูกสร้างขึ้นโดยมีขั้นตอนในการร่างรูปภาพของชิ้นงานหรือที่เรียกว่า CAD (Computer-Aided Design) โดยใช้ซอฟต์แวร์ CAD ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะได้โมเดลดังรูปที่ 1 หลังจากนั้นนำไฟล์ที่ได้จาก CAD ซึ่งเป็นไฟล์ STL เข้าสู่โปรแกรมแบ่งชั้นวัตถุ (Slicing Software) เพื่อแบ่งวัตถุเป็นชั้นๆ แล้วส่งต่อไปยังเครื่องพิมพ์ในการสร้างวัตถุออกมาดังรูปที่ 2 ซึ่งใช้วัสดุประเภทเส้นพลาสติกชนิด PLA (Polylactic Acid) ดังรูปที่ 3 โดย

วัสดุ PLA มีลักษณะเป็นเส้นม้วนเมื่อได้รับความร้อนจะหลอมละลายและถูกฉีดเพื่อสร้างเป็นชิ้นของวัตถุด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ



รูปที่ 1. การออกแบบโครงสร้าง 2 มิติ หัวส่วนบน



รูปที่ 2. ผลการพิมพ์ 3 มิติด้วยวัสดุ PLA



รูปที่ 3. เส้นพลาสติก PLA สำหรับการพิมพ์ 3 มิติ

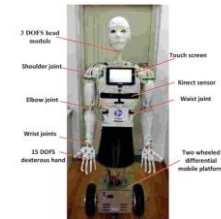
2.3 ระบบสมองกลฝังตัว

ระบบสมองกลฝังตัว [3] [4] เป็นระบบการประมวลผลที่มีการใช้ตัวประมวลผลที่ออกแบบมาเฉพาะ มีขนาดเล็กฝังในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ มีความสามารถมากขึ้น สามารถเชื่อมต่อและทำงานตามคำสั่งผู้ใช้ได้ ซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดได้มีการฝังระบบสมองกลฝังตัวเพื่อให้อุปกรณ์มีความฉลาดสามารถทำงานในฟังก์ชันอื่นๆ ได้เพิ่มขึ้น โดยบอร์ดทดลองที่เป็นที่นิยมในการศึกษาปัจจุบัน ได้แก่ บอร์ดคูดุยโน้ (Arduino) ซึ่งมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายโดยบอร์ดคูดุยโน้ได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างต้นแบบหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำเพื่อการศึกษาาระบบสมองกลฝังตัว

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

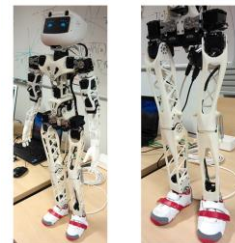
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์พบว่า Hongtai Cheng [5] ได้ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์อิมมานูเอลด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งใช้ต้นแบบจากโครงสร้าง Open Source ของหุ่น InMoov ได้ทำการปรับปรุงระบบอิเล็กทรอนิกส์และการ

ออกแบบใหม่โดยใช้ชื่อว่า imNEU และได้ใช้กระบวนการพิมพ์ 3 มิติ ได้หุ่นยนต์ดังรูปที่ 4 ทำให้สามารถลดต้นทุนในการสร้างหุ่นยนต์ โดยหุ่นยนต์มีลักษณะครึ่งบนเป็นหุ่นยนต์ลักษณะคล้ายมนุษย์มีหน้าจอแสดงผล มีอุปกรณ์อ่านค่า Kinect ในขณะที่ท่อนล่างมีการเคลื่อนที่โดยล้อ 2 ล้อ หุ่นยนต์ที่ได้พัฒนามีการควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลคูดุยโน้ Mega2560



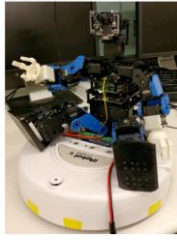
รูปที่ 4. ด้านหน้าของหุ่นยนต์ ImNEU

Matthieu Lapeyre [6] ได้นำเสนอหุ่นยนต์ Poppy ซึ่งเป็นหุ่นยนต์อิมมานูเอลที่มีลักษณะตัวเลียนแบบมนุษย์เต็มตัว ดังรูปที่ 5 ซึ่งมีการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติเช่นกัน โดยงานวิจัยได้นำเสนอผลของการออกแบบ และวิธีการทางฟิสิกส์ในการเดินแบบมนุษย์ มีการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลขนาดเล็กคูดุยโน้



รูปที่ 5. หุ่นยนต์ Poppy และการออกแบบขา

Tony Lin [7] ได้พัฒนาหุ่นยนต์อิมมานูเอลแบบโครงสร้างแบบ Skeleton ในนามว่า HR-OS1 ดังรูปที่ 6 ซึ่งมีการพัฒนาให้มีราคาถูก ภายใต้ Open Source Platform โดยซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ใช้ระบบปฏิบัติการ Robotic Operating System (ROS) บนบอร์ดสมองกลราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) ซึ่งเป็นบอร์ดที่มีการทำงานเทียบเท่าคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กช่วยให้จัดการกิจกรรมการควบคุมได้ง่ายแต่หุ่นยนต์ยังคงมีปัญหาในการเดินยังไม่สมบูรณ์นัก ซึ่งงานวิจัยได้นำเสนอประเด็นด้านการทดสอบการออกแบบและการพัฒนาชุดคำสั่งสำหรับหุ่นยนต์เป็นหลักบนหุ่นยนต์ขนาดเล็ก



รูปที่ 6. แสดงหุ่นยนต์ต้นแบบ HR-OS1

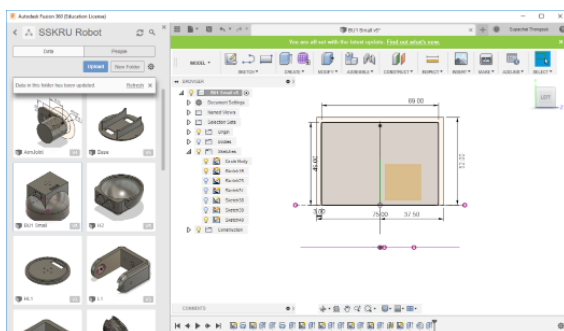
จากงานวิจัยที่กล่าวมานั้นมีการพัฒนาหุ่นยนต์จากการพิมพ์ 3 มิติ แต่จุดประสงค์ของการออกแบบเพื่อการพัฒนาให้มีการทำงานเลียนแบบมนุษย์และยังมีขนาดใหญ่ ยังไม่สามารถนำมาเป็นสื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับนักเรียนในภาคการศึกษาได้ จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบและพัฒนาในรูปแบบที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการพัฒนาทางการศึกษาแทน

3. วิธีการดำเนินวิจัย

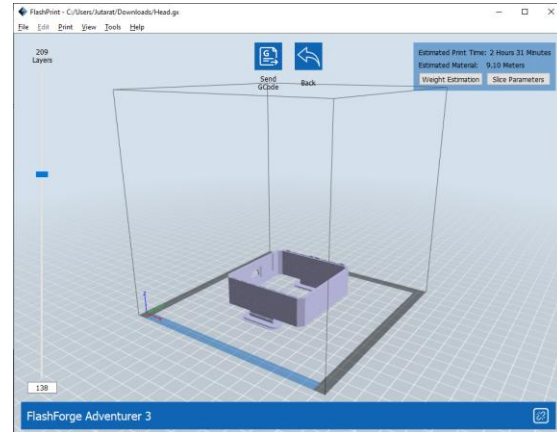
3.1 เครื่องมือในการดำเนินวิจัย

3.1.1 ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาหุ่นยนต์

การออกแบบหุ่นยนต์ด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ ในงานวิจัยใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Fusion 360 ซึ่งเป็นโปรแกรมประเภท CAD ที่เป็นที่ยอมรับในการออกแบบ 3 มิติ ดังรูปที่ 7 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างโมเดลโครงสร้าง 2 มิติ และส่งออกไฟล์ STL เพื่อทำการ slicing ในโปรแกรม FlashPrint ในรูปที่ 8 แล้วจึงนำไฟล์ส่งไปพิมพ์ยังเครื่องพิมพ์ 3 มิติเพื่อสร้างวัตถุต่อไป



รูปที่ 7. โปรแกรม Autodesk Fusion 360



รูปที่ 8. โปรแกรม FlashPrint สำหรับการทำ Slicing โมเดล

3.1.2 แบบประเมินประสิทธิภาพหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยใน คือ แบบประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบขึ้นจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายปิดและปลายเปิด แบบประเมินได้ทำการหาประสิทธิภาพโดยการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ด้วยการใช้ดัชนี IOC (Index of item objective congruence) และผลการออกแบบได้แบบสอบถามออกเป็น 2 ตอนประกอบด้วย ตอนที่ 1 สอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อประสิทธิภาพของระบบ ลักษณะของแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการของลิเคิร์ต (Likert Scale) [8] แบ่งระดับในการวัดออกเป็น 5 ระดับและ ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยเป็นคำถามปลายเปิด

3.1.3 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบคำถามจำนวน 20 ข้อ สำหรับการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนระบบสมองกลฝังตัวด้วยหุ่นยนต์ต้นแบบ ซึ่งมีความหมายจากบทเรียนที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ทางด้านการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว

3.2 กลุ่มเป้าหมาย

3.2.1 กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ในการประเมินประสิทธิภาพของเนื้อหา

โดยพิจารณาจากคุณวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโทหรือปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์

2.2 กลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน กำหนดประชากรกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ที่เข้าร่วมโครงการ รวมทั้งสิ้น 100 คน โดยกลุ่มตัวอย่าง (Sample) จากนักเรียนที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 50 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยการจับสลาก

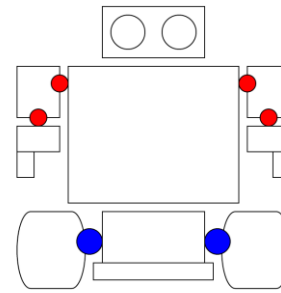
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ใช้หลักการพัฒนาระบบ SDLC (System Development Life Cycle) [9] เป็นกระบวนการในการพัฒนาระบบสารสนเทศโดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 การวางแผนระบบ (System Planning) ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียด ซึ่งการออกแบบหุ่นยนต์ด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ จะมีการพัฒนาประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของโครงสร้างหุ่นยนต์ และส่วนของวงจรสมองกลฝังตัว

3.3.2 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) จากผลศึกษาและการวิเคราะห์งานทำให้ได้ขอบเขตความต้องการของผู้ใช้ โดยมีส่วนประกอบ คือ หัว ลำตัว แขน มือ ส้อมในการเคลื่อนที่ และติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจจับเส้นเพื่อการเรียนรู้การชุดคำสั่งการตรวจจับเส้นสี โดยหุ่นยนต์ต้องมีขนาดเล็กไม่เกินขนาดตามข้อกำหนดของการแข่งขันหุ่นยนต์ของนักเรียน เพื่อรองรับการนำไปใช้ในการแข่งขันหุ่นยนต์ของโรงเรียนได้

3.3.3 การออกแบบระบบ (System Design) การออกแบบหุ่นยนต์มีลักษณะโครงสร้างการทำงานคล้ายกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยใช้การพิมพ์ 3 มิติ และ ซึ่งหุ่นยนต์ออกแบบให้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมในส่วนลำตัว คือ บอร์ดสมองกลดุษโน รุน นาโน ซึ่งมีขนาดเล็ก รองรับการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ฐานหุ่นติดตั้งมอเตอร์ดีซี จำนวน 2 ตัว และเซ็นเซอร์ตรวจจับสีเพื่อให้เกิดการที่อัตโนมัติ จุดเคลื่อนไหวของหุ่นได้ใช้มอเตอร์เซอร์โวเล็ก ขนาด 9 กรัมมีตำแหน่งการติดตั้งในรูปที่ 9 ซึ่งแต่ละจุดสามารถหมุนได้ 180 องศา โดยมีลักษณะการติดตั้งดังรูปที่ 10 โดยทำการยึดติดเพื่อทำเป็นจุดหมุนของแขน

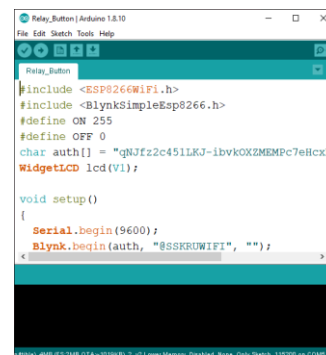


รูปที่ 9. การออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว



รูปที่ 10. การออกแบบจุดหมุนด้วยมอเตอร์เซอร์โว

3.3.4 การนำระบบไปใช้ (System Implementation) เป็นขั้นตอนของการสร้างระบบใหม่ เป็นการเขียนโปรแกรมพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์ ด้วยโปรแกรม Arduino IDE ดังรูปที่ 11 ซึ่งมีการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซี (C/C++) สำหรับบอร์ดดุษโนนาโน



รูปที่ 11. โปรแกรม Arduino IDE สำหรับการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์สมองกลฝังตัว

3.3.5 การสนับสนุนระบบและความปลอดภัย (System Support and Security) ผู้วิจัยได้ติดตั้งและทดสอบระบบเพื่อนำไปใช้จริงและตรวจสอบฟังก์ชันการใช้งาน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ และผลการประเมินผู้วิจัยได้นำไปปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยได้ใช้หลักการสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อบรรยายข้อมูลโดยมีสูตรการหาค่าสถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad (1)$$

$$\bar{x} = \text{ค่าเฉลี่ย}$$

$$\sum x = \text{ผลรวมผู้ตอบแบบสอบถาม}$$

$$N = \text{จำนวนประชากร}$$

3.4.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N \sum fx^2 - (\sum fx)^2}{N(N-1)}} \quad (2)$$

$$S.D. = \text{ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน}$$

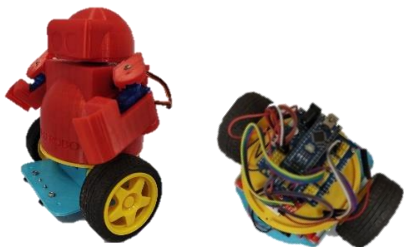
$$\sum fx = \text{ผลรวมผู้ตอบแบบสอบถาม}$$

$$N = \text{จำนวนประชากร}$$

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำ

ในการพัฒนาหุ่นยนต์ตัวแวนอนอยด์ด้วยการพิมพ์ 3 มิติ ได้มีกระบวนการเริ่มจากการสร้างโมเดลจากซอฟต์แวร์ Autodesk Fusion360 ซึ่งจะได้ผลลัพธ์คือไฟล์โมเดล STL ซึ่งนำเข้าสู่ซอฟต์แวร์ในการประมวลผลการพิมพ์เพื่อสร้างแบบสำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในรูปแบบไฟล์ GX หลังจากนั้นจะส่งไฟล์ที่ได้จากการออกแบบสำหรับเครื่องพิมพ์เข้าสู่เครื่องพิมพ์เพื่อทำการพิมพ์ให้ได้โมเดลหุ่นยนต์แต่ละชิ้นส่วน ซึ่งผลลัพธ์ของการออกแบบและพัฒนาได้หุ่นยนต์ที่ประกอบได้ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12. หุ่นยนต์ต้นทุนต่ำเพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบหุ่นยนต์

ในการประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ ผู้วิจัยได้ประเมินโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาออกแบบ 3 มิติ และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีรายละเอียดการประเมินจำนวน 10 ข้อดังตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านพบว่า มีประสิทธิภาพของการพัฒนาโดยรวมในระดับดี ($\bar{x}=4.40$, $S.D.=0.50$) เมื่อพิจารณาารายด้านพบว่าด้านวัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม มีคะแนนมากที่สุดในระดับดีมาก ($\bar{x}=4.80$, $S.D.=0.45$)

ตารางที่ 1. แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาหุ่นยนต์

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. มีการออกแบบที่มีเอกลักษณ์	4.40	0.55	ดี
2. การพิมพ์ 3 มิติมีความสวยงาม	4.60	0.55	ดีมาก
3. หุ่นยนต์มีส่วนประกอบที่แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	4.40	0.55	ดี
4. หุ่นยนต์มีกลไกการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม	4.40	0.55	ดี
5. หุ่นยนต์มีการเชื่อมต่อแต่ละชิ้นส่วน ได้อย่างเหมาะสม	4.20	0.45	ดี
6. หุ่นยนต์มีสัดส่วนที่เหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
7. หุ่นยนต์สามารถประกอบได้ง่าย	4.20	0.45	ดี
8. สามารถบำรุงรักษาซ่อมแซมได้ง่าย	4.20	0.45	ดี
9. วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม	4.80	0.45	ดีมาก
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ 3 มิติมีความรวดเร็ว	4.20	0.45	ดี
เฉลี่ย	4.40	0.50	ดี

4.3 ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนผ่านบทเรียนการพัฒนาหุ่นยนต์

ผู้วิจัยได้นำหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำเพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน ดังภาพที่ 13 โดยให้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน และดำเนินการเรียนตามลำดับของเนื้อหา โดยเนื้อประกอบด้วย การออกแบบหุ่นยนต์ด้วยการพิมพ์ 3 มิติ พื้นฐานของวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบสมองกลฝังตัว และเมื่อเสร็จสิ้นการเรียนในทุกบทเรียน ให้ผู้เรียนทำ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยใช้ t-test dependent ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่ามีคะแนนเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2. แสดงผลการประเมินการเรียนรู้

คะแนน	n	$\bar{x}$	S. D.	t	df	P-value
ก่อนเรียน	50	8.65	4.20	31.48	99	0.00 **
หลังเรียน	50	15.78	2.25			

** นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05



รูปที่ 13. การทดลองกลุ่มตัวอย่างในการเรียนบทเรียนการเรียนรู้ การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวด้วยหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำ

5. บทสรุป

ผลการพัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติเพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว ได้ศึกษาออกแบบและพัฒนาโครงสร้างหุ่นยนต์ที่คล้ายมนุษย์โดยประกอบด้วยส่วนท่อนบนคือ หัว ลำตัว และแขน ให้มีการเคลื่อนไหวได้ด้วยการใช้มอเตอร์เซอร์โว และส่วนประกอบในการเคลื่อนไหวได้ออกแบบให้มีการเคลื่อนที่ด้วยล้อขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในทิศทางต่างๆ หุ่นยนต์ที่พัฒนาสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนรู้และสามารถใช้ในการแข่งขันหุ่นยนต์ของโรงเรียนได้ ในกระบวนการประเมินประสิทธิภาพของพัฒนาหุ่นยนต์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาออกแบบ 3 มิติ และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 5 ท่าน ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพพบว่าภาพรวมอยู่ในระดับดี ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวด้วยสื่อหุ่นยนต์ตัวแมนนอยด์ต้นทุนต่ำด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ จาก

การทดลองกับนักเรียนจำนวน 50คน มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังเรียนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน

6. การอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้สำรวจราคาค่าหุ่นยนต์ในการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมสมองกลฝังตัวในร้านค้าที่มีจำหน่ายทั่วไป พบว่ามีราคาระหว่าง 5,000 บาท ถึง 10,000 บาท ซึ่งในงานวิจัยได้พัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำ โดยมีการศึกษาและออกแบบให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ในราคาที่ถูกลงและมีขนาดเล็ก สามารถใช้งานเป็นสื่อการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะทางด้านวิทยาการคำนวณ โดยหุ่นยนต์ที่ได้พัฒนามีราคาเฉลี่ยที่ 1,680 บาท ซึ่งโรงเรียนสามารถสร้างขึ้นได้เอง และหาอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีขายทั่วไป ดังรายละเอียดรายการอุปกรณ์ของหุ่นยนต์ ตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงรายการอุปกรณ์ของหุ่นยนต์

รายการอุปกรณ์	จำนวน	ราคา
1. ลำพิมพ์ 3 มิติ พร้อมลำตัวชุดเส้นพลาสติก PLA	9 ชิ้น	500
2. บอร์ดคยโนนาโนพร้อมฐาน	1 บอร์ด	150
3. เซอร์โวมอเตอร์	4 ชิ้น	280
4.มอเตอร์ไฟฟ้า DC พร้อมล้อ	2 ล้อ	200
5.เซนเซอร์ตรวจจับเส้น	2 ชิ้น	100
6. ตัวขับเคลื่อนมอเตอร์	1 ชิ้น	150
4. แบตเตอรี่ DC	1 ชิ้น	300
รวม		1,680

เอกสารอ้างอิง

- [1] E. Guizzo, "What Is a Robot?," 1 August2018. [Online]. Available:<https://robots.ieee.org/learn/what-is-a-robot/> [Accessed: 25 May 2020]
- [2] S. Otarawanna, "The Use of 3 D Printing Technology in Manufacturing Industry," 7 November2017. [Online]. Available:https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/303_24.pdf [Accessed: 25 May2020]
- [3] T. Theeramunkong, "Embedded technology for development of embedded system," Bangkok:Technology promotion association (Thailand-Japan), 2007.

- [4] W. Wolf and J. Madsen, "Embedded systems education for the future," in Proceedings of the IEEE, vol. 88, no. 1, pp.23-30, Jan, 2000. doi: 10.1109/5.811598.
- [5] H. Cheng and G. Ji, "Design and implementation of a low cost 3D printed humanoid robotic platform," IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), Chengdu, pp.86-91, 2016.
- [6] Matthieu Lapeyre, Pierre Rouanet and Pierre-Yves Oudeyer, "The Poppy Humanoid Robot: Leg Design for Biped Locomotion," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Tokyo, Japan, Nov 2013.
- [7] T. Lin et al., "Design of a low-cost, open-source, humanoid robot companion for large retail spaces," IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), Charlottesville, VA, pp.66-71, 2016.
- [8] Likert, R., "A technique for the measurement of attitudes," Archives of Psychology, pp.5-53, 1932.
- [9] Shelly, G.B. & Rosenblatt, H.J., "Systems Analysis and Design (9th ed.)," USA: Course Technology, Cengage Learning, 1932.