

การออกแบบวิจัยและพัฒนา ชุดเลเซอร์สำหรับติดตั้งบนปืนฝึกทางยุทธวิธี

เจษฎา ไกรขาว¹ กัณต์ธร นาทอง¹ รัชชิตา ชันทอง¹
ปิยะรส มาลีเจริญ^{1*} และ นริศ จันทรรักษ์¹

วันที่รับ 28 พฤศจิกายน 2565 วันที่แก้ไข 20 กุมภาพันธ์ 2566 วันที่ตอบรับ 21 กุมภาพันธ์ 2566

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบวิจัยและพัฒนาชุดเลเซอร์สำหรับติดตั้งบนปืนฝึกทางยุทธวิธี โดยมีการออกแบบระบบเลเซอร์อินฟราเรดสำหรับตรวจจับการจำลองรูปแบบยิงของปืนฝึกทางยุทธวิธี รุ่น M4A1 โดยชุดเลเซอร์นี้ถูกออกแบบให้ปล่อยแสงเลเซอร์ในช่วงอินฟราเรดเมื่อมีการลั่นไกปืนเกิดขึ้น เพื่อเป็นการจำลองวิถีและจุดตกของกระสุนปืน เมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบยังฉากฝึก กล้องอินฟราเรดและระบบประมวลผลภาพ (Image Processing) จะตรวจจับตำแหน่งของแสงเลเซอร์เพื่อแสดงผลภาพบนฉากต่อไป ซึ่งในการวิจัยและพัฒนานี้ได้มีการติดตั้งเซนเซอร์สำหรับตรวจจับการเกิดการยิง โดยมีการเก็บข้อมูลจากการทดลองจากเซนเซอร์ 2 ชนิด ได้แก่ 6-AXIS-IMU-UNITMPU6886 ซึ่งใช้ตรวจจับแรงที่เกิดจากแรงถีบ (Recoil) ของปืนโดยมีการใช้เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerator Sensor) และ SPM1423HM4H ซึ่งเป็นเซนเซอร์วัดเสียง (Sound Sensor) สำหรับนำมาใช้ในการตรวจจับเสียงของปืน จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้ง 2 ส่วน มาประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ที่ประกอบด้วยชิป ไอซี ESP32 และทำนาย (Prediction) การเกิดการยิงจากพฤติกรรมกลั่นไกปืนด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ในรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network: NN) โดยผลการวิจัยพบว่าหลังจากทำการทดสอบกับปืนฝึกทางยุทธวิธี รุ่น M4A1 จำนวน 15 กระบอกของระบบสนามฝึกยิงปืนเสมือนจริง ชุดเลเซอร์สามารถตรวจจับการยิงปืนได้ถูกต้องแม่นยำถึงร้อยละ 95.63

คำสำคัญ : ปืนอัดลม, เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือน, เซนเซอร์วัดระดับเสียง, ปัญญาประดิษฐ์, โครงข่ายประสาทเทียม

¹ ส่วนงานระบบเครื่องช่วยฝึกเสมือนจริง, สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

* ผู้แต่ง, อีเมล: piyarose.m@dti.or.th

Research and Development of a Laser Kit for Tactical Training Rifle

Jedsada Kraikhow¹ Gunthorn Nathong¹ Ranchida Khantong¹
Piyarose Maleecharoen^{1*} and Naris Channum¹

Received 28 November 2022, Revised 20 February 2023, Accepted 21 February 2023

Abstract

This article describes the design and development of a gun laser which is used to simulate the behavior of a bullet, both the trajectory and the bullet point, of the M4A1 tactical firearm in a virtual shooting range. This gun laser emits the infrared signal when it is turned on. The IR camera, then, captured and analyzed with the image processing before visualize the bullet point on the screen. There are 2 types of data from the sensors that are used to trigger the laser. The data from 6-AXIS-IMU-UNITMPU6886 sensor is obtained when the accelerator sensor measures the recoil force of the gun. Another data set is from SPM1423HM4H sensor which is a sound sensor for detecting the sound of the gun. These sets of data are analyzed with the microcontroller equipped with IC ESP32 chip. Artificial Intelligence (AI) in terms of Neural Network (NN) is implemented to predict if it is a gunshot so as to turn on the laser. The result from the experiment with 15 M4A1 tactical firearms in a virtual shooting range shows that the sensor is capable to detect the gunshot with the accuracy of 95.63%

Keywords : Airsoft gun, Vibration sensor, Sound sensor, Artificial intelligence, Neural network

¹ Virtual Simulation Division, Defence Technology Institute

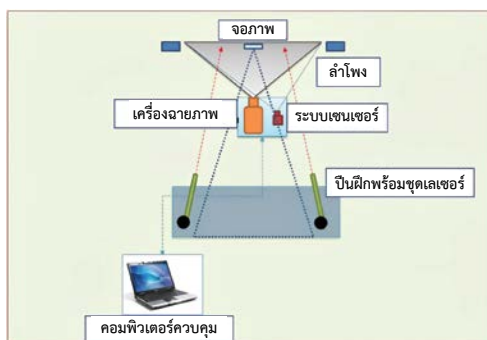
* Corresponding author: piyarose.m@dti.or.th

1. บทนำ

เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดด ส่งผลให้ระบบช่วยฝึกเสมือนจริงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการฝึกยุทธวิธีทางทหารอย่างแพร่หลาย โดยภายในระบบจะถูกออกแบบมาให้ผู้รับการฝึกได้รับประสบการณ์และมีการเพิ่มพูนความชำนาญให้มีความใกล้เคียงกับการฝึกในสถานการณ์จริง [1]-[2] ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกันแล้วจะสามารถลดความสูญเสียได้ทั้งงบประมาณและเวลาในการเตรียมการโดยที่ประสิทธิผลของการฝึกไม่ได้ลดลง ผลจากการศึกษาในงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า ผู้รับการฝึกในสภาพแวดล้อมจำลองจะสามารถจดจำและประยุกต์ประสบการณ์ที่ได้รับเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์จริงได้เป็นอย่างดี [3]-[4] นอกจากนี้ยังช่วยลดความกดดันให้แก่ผู้ฝึกเมื่อต้องเข้ารับการฝึกอีกด้วย [5] ดังนั้น ส่วนงานระบบเครื่องช่วยฝึกเสมือนจริง (RVS) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (สทป.) จึงได้มีการริเริ่มดำเนินการวิจัยและพัฒนา ระบบสนามฝึกยิงปืนยุทธวิธีเสมือนจริงเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการฝึกโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการวิจัยและพัฒนาต้นแบบระบบสนามฝึกยิงปืนยุทธวิธีเสมือนจริง สำหรับช่วยเสริมให้การฝึกกำลังพลมีความสามารถในการใช้งานยุทธโปกรณ์ได้หลากหลายและเพิ่มความชำนาญในการใช้อาวุธประจำกายมากขึ้น โดยระบบของสนามฝึกยิงปืนเสมือนจริงที่ได้ทำการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าประกอบไปด้วยส่วนหลัก ๆ คือ ชุดอุปกรณ์และโปรแกรมสำหรับควบคุมควบคุมไปพร้อมกับการแสดงผลทั้งภาพและเสียง ชุดปืนฝึกและชุดระบบเซนเซอร์

สำหรับการวิจัยระบบสนามฝึกยิงปืนเสมือนจริงในปัจจุบันได้มีการพัฒนามาจนถึงขั้นตอนจัดสร้าง

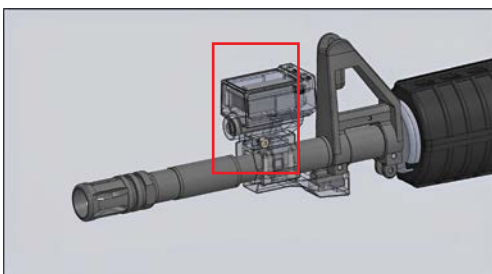
ต้นแบบในระยะสุดท้าย ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการทดสอบต้นแบบและขั้นตอนการประเมินผลภายหลังการส่งมอบระบบสนามฝึกยิงปืนยุทธวิธีเสมือนจริงเพื่อให้หน่วยผู้ใช้ได้ทำการทดสอบระบบรวมถึงบันทึกผลการทดสอบและรายละเอียดการใช้งานของผู้ใช้งานจริงสำหรับนำมาปรับปรุงพัฒนาระบบสนามฝึกฯ เพื่อให้ได้มาซึ่งต้นแบบระบบสนามฝึกยิงปืนยุทธวิธีเสมือนจริงที่มีความสมบูรณ์เหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น



รูปที่ ๑ ส่วนประกอบหลักของระบบสนามฝึกยิงปืนเสมือนจริง

ดังนั้น จากการทดสอบของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยจึงได้มีการออกแบบและปรับปรุงส่วนเสริมเพิ่มเติมเพื่อที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่สนามฝึกฯ ได้โดยมีการสร้างต้นแบบระบบเลเซอร์ติดปลายกระบอกปืนทางยุทธวิธี ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อให้สามารถใช้งานกับปืนฝึกฯ ได้หลายรูปแบบในอนาคตโดยมีการออกแบบให้เป็นเลเซอร์อินฟราเรด ซึ่งในงานวิจัยนี้ ระบบเลเซอร์ได้ถูกออกแบบมาสำหรับจำลองพฤติกรรมเสมือนในการวิ่งออกของกระสุนปืนจากปลายลำกล้องปืนเมื่อเกิดการลั่นไก โดยในที่นี้จะประยุกต์ใช้เลเซอร์ย่านอินฟราเรดในการจำลองแนววิถีของกระสุนที่เกิดจากการเล็งของผู้เข้ารับการฝึกใช้อาวุธปืน โดยการทำงานของระบบเลเซอร์อินฟราเรดจะเริ่มขึ้นเมื่อได้รับสัญญาณควบคุมกันจากเซนเซอร์

วัดความเร่ง (Accelerator Sensor) และเซนเซอร์วัดเสียง (Sound Sensor) ที่ถูกประยุกต์ใช้เพื่อวัดการเคลื่อนที่และเสียงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกเลื่อนจากปืนฝักๆ ที่ทำงานด้วยแรงดันลมจากปั๊มลม โดยมีการดัดแปลงส่วนแมกกาซีนให้ทำงานได้ด้วยแรงดันลมได้ จากนั้นเลเซอร์จะไปตกกระทบกับฉากฝักที่เป็นจอรับภาพจากเครื่องฉายภาพโปรเจกเตอร์ และจะมีระบบเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งของจุดเลเซอร์ที่ตกกระทบบนจอรับภาพแล้วนำจุดตกกระทบไปประมวลผลในการฝักยิง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของระบบสนามฝักยิงปืนทางยุทธวิธีเสมือนจริง ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีต่อผู้เข้ารับการฝักต่อไป



รูปที่ ๒ ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งระบบเซนเซอร์บนปลายกระบอกปืน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

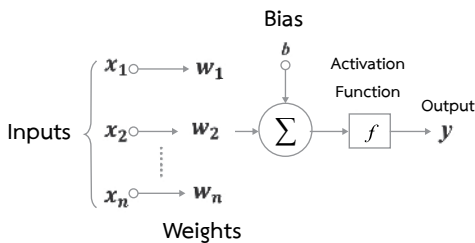
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบเซนเซอร์ ซึ่งจะทำงานเมื่อตรวจจับการยิงของปืนได้ โดยมีหลักเกณฑ์คือการตรวจจับแรงสั่นที่เกิดจากแรงถีบ (Recoil) ของปืนจากเซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerator Sensor) และการตรวจจับเสียงของปืนด้วยเซนเซอร์วัดเสียง (Sound Sensor) จากนั้นจะมีการนำข้อมูลทั้ง 2 ส่วน มาทำการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ที่ประกอบด้วยชิปไอซี ESP32 และทำนาย (Prediction)

การเกิดการยิงของปืนด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ในรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network: NN) ซึ่งนอกจากจะเป็นที่นิยมแล้ว ยังเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานที่ต้องมีการจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) [6] โดยมีการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) เพื่อทำการสอน (Training) ให้ระบบจดจำรูปแบบการสั่น และเสียงที่ถูกต้องของปืนเมื่อเกิดการลั่นไก โดยในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคทางด้าน AI ที่มีชื่อว่า โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) แบบเพอร์เซปตรอนหลายชั้น (Multi-layer Perceptron: MLP) หรือสามารถเรียกอีกอย่างว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Feed-forward Backpropagation Neural Network) ซึ่งเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบต้องมีผู้สอน (Supervised Learning) เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับทำนายผลการยิง (Prediction) [7]

2.1 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN)

โครงข่ายประสาทเทียม ได้ถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการจำลองลักษณะการประมวลผลของระบบประสาทมนุษย์ด้วยแบบจำลองทั้งในเชิงคณิตศาสตร์และเชิงสถิติ (Mathematical and Statistical Model) ประกอบไปด้วยส่วนของการประมวลผลที่เรียกว่า นิวรอน (Neuron) โดยทุก ๆ นิวรอนนั้น สามารถมีข้อมูลป้อนเข้า (Input) ได้หลายค่า แต่ข้อมูลส่งออก (Output) จะมีได้เพียงค่าเดียว และทุก ๆ ข้อมูลส่งออก (Output) จะมีการเชื่อมโยงไปยังข้อมูลป้อนเข้า (Input) อื่น ๆ ของนิวรอนที่อยู่ภายในโครงข่ายสำหรับการเชื่อมโยงกันภายใน และทุก ๆ ข้อมูลป้อนเข้า (Input) จะมี

ค่าน้ำหนัก (Bias) เป็นตัวกำหนดกำลังของการเชื่อมโยงภายใน โดยจะมีฟังก์ชันกำหนดสัญญาณส่งออกที่เรียกกันว่า ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ ๓ องค์ประกอบของ Artificial Neural Networks [8]

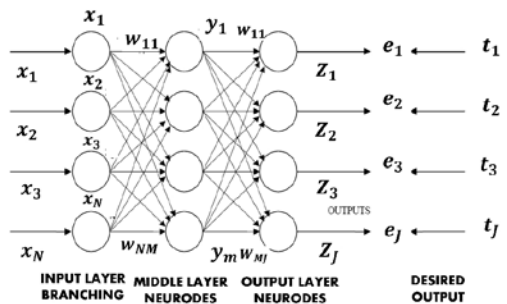
2.1.1 เพอร์เซปตรอนหลายชั้น (Multi-layer Perceptron: MLP)

โครงข่ายเพอร์เซปตรอนหลายชั้น (Multi-layer Perceptron Neural Network หรือเรียกอีกอย่างว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Feed-forward Backpropagation Neural Network) จะมีลักษณะคือ มีหนึ่งชั้นอินพุต (Input Layer) ที่ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลเข้ามายังโครงข่ายประสาท เพื่อส่งต่อไปยังชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งจะประมวลผลข้อมูลที่รับมาก่อนจะส่งไปยังชั้นเอาต์พุต (Output Layer) [9] โดยชั้นซ่อน (Hidden Layer) จะมีได้อย่างน้อย 1 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Feed-forward Backpropagation Neural Network) แต่โดยทั่วไปแล้วลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียมนั้น จะไม่มีข้อจำกัดทางทฤษฎีในเรื่องของจำนวนของชั้นซ่อน [10]

สำหรับในงานวิจัยนี้จะมีการกำหนดขั้นตอนการเรียนรู้ คือ จะมีการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นอินพุต (x) เอาต์พุต (z) และจำนวนโหนดในชั้นซ่อน (w) ที่มีทั้งหมด 2 ชั้น ก่อนจะกำหนดรอบสูงสุดที่จะ

ทำการเรียนรู้ (N) รวมถึงค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ โดยมีการใช้ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลทั้งหมดจากทุกอินพุตใน 1 ชั้นซ่อน เพื่อส่งต่อเป็นเอาต์พุตไปยังชั้นถัดไป สำหรับในงานวิจัยนี้จะมีฟังก์ชันกระตุ้นที่เกี่ยวข้อง คือ ฟังก์ชัน ReLU (Rectified Linear Unit) และ ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid)

ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ ReLU เป็นฟังก์ชันที่ไม่ซับซ้อน นอกจากจะสามารถช่วยลดระยะเวลาในการประมวลผลได้ดีแล้ว ยังช่วยลดปัญหา Vanishing gradients อีกด้วย [11] เนื่องจากฟังก์ชัน ReLU จะมีลักษณะเป็น Ramp function โดยมีรูปแบบตามสมการที่ (1) ซึ่งเมื่อจัดรูปแล้วจะเป็นไปตามสมการที่ (2) กล่าวคือ ถ้าอินพุตมีค่าตั้งแต่ 0 ขึ้นไป เอาต์พุตก็จะมีค่าเท่ากับ แต่หากอินพุตมีค่าน้อยกว่า 0 จะมีการกำหนดเอาต์พุตให้เป็น 0 ตลอด [12]



รูปที่ ๔ สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Feed-forward Backpropagation Neural Network) [13]

$$\text{relu}(z) \begin{cases} z & \text{if } z \geq 0 \\ 0 & \text{if } z < 0 \end{cases} \quad (1)$$

หรือ

$$\text{relu}(z) = \max(0, x) \quad (2)$$

ในงานวิจัยได้มีการกำหนดเอาต์พุตสุดท้ายให้เป็น 0 หรือ 1 เพื่อเปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นของความคล้ายคลึงกันกับรูปแบบเสียงหรือการสั่นที่ได้จากการทดลอง โดยทำการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ในชั้นสุดท้ายก่อนจะได้เอาต์พุต โดยในส่วนของฟังก์ชันซิกมอยด์ จะมีลักษณะฟังก์ชันเป็นเส้นโค้งรูปตัว S ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 [14] ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$S(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} = \frac{e^x}{e^x + 1} \quad (3)$$

โดย

$\text{relu}(z)$ คือ ฟังก์ชัน ReLU

$S(x)$ คือ ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid)

z คือ เอาต์พุต

x คือ อินพุต

2.2 การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

หลังจากทำการสอนแบบจำลองแล้ว จะต้องทำการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Testing and Evaluation) ก่อนนำไปใช้งานจริง เพื่อเป็นการประเมินหาประสิทธิภาพความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยจะมีการใช้ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ จากนั้นจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาใช้ในการสร้างตารางเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) [15] ซึ่งค่าในตารางประกอบด้วย 4 รูปแบบ [16] ดังรูปที่ 5

โดยมีความหมายของตัวแปรดังนี้

- True Positive (TP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าเกิดขึ้น ซึ่งตรงกับความจริง โดยโปรแกรมทำนายว่า จริง และมีค่าเป็น จริง

- True Negative (TN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า ไม่เกิดขึ้นจริง โดยที่สิ่งนั้นไม่เกิดขึ้นใน

ความเป็นจริงเช่นกัน โดยโปรแกรมทำนายว่า ไม่จริง และมีค่า ไม่จริง

- False Positive (FP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายไม่ตรงกับความเป็นจริง โดยโปรแกรมทำนายว่า จริง แต่ มีค่าเป็น ไม่จริง

- False Negative (FN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายไม่ตรงกับความเป็นจริง โดยโปรแกรมทำนายว่า ไม่จริง แต่ มีค่าเป็น จริง

	Actually Positive (1)	Actually Negative (0)
Predicted Positive (1)	True Positives (TPs)	False Positives (FPs)
Predicted Negative (0)	False Negatives (FNs)	True Negatives (TNs)

รูปที่ ๕ Confusion Matrix [13]

ในงานวิจัยนี้จะมีการนำค่าที่คำนวณได้จากตารางเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ไปใช้เพื่อคำนวณประสิทธิภาพของแบบจำลอง 3 ค่า ดังนี้

- ความถูกต้อง (Accuracy) เป็นการวัดความถูกต้องของแบบจำลองโดยพิจารณารวมทุกผลลัพธ์ โดยคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$\frac{TPs + TNs}{TPs + TNs + FPs + FNs} \quad (4)$$

- ความแม่นยำ (Precision) เป็นการวัดความแม่นยำของแบบจำลองจากการพิจารณาแยกทีละผลลัพธ์ โดยคำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$\frac{TPs}{TPs + FPs} \quad (5)$$

- ความไว (Recall) เป็นการวัดความถูกต้องของแบบจำลองที่ทำนายว่าจริง เทียบกับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริง โดยคำนวณได้จากสมการที่ (6)

$$\frac{TPs}{TPs + FNs} \quad (6)$$

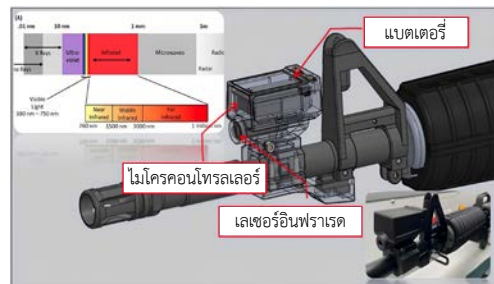
- ค่า F1-Score เป็นค่าเฉลี่ยแบบค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก(Harmonic Average)ระหว่างความแม่นยำและความไว เพื่อเป็นเมตริกซ์เชิงเดียวที่วัดความสามารถของแบบจำลองโดยคำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$\frac{TPs + TNs}{Tps + TNs + FPs + FNs} \quad (7)$$

3. วิธีการดำเนินงาน

ชุดเลเซอร์อินฟราเรดสำหรับระบุเป้าหมายและตรวจจับการยิงจะประกอบไปด้วยการออกแบบ Hardware ที่จะทำงานควบคู่ไปกับส่วน Software ที่ได้ถูกวิจัยและออกแบบเพื่อนำไปติดตั้งตรงส่วนปลายของกระบอกปืนฝึกทางยุทธวิธี รุ่น M4A1 โดยมีการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ในระบบสำหรับการปล่อยเลเซอร์อินฟราเรด ไม่ว่าจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์, ชุดเลเซอร์อินฟราเรด, แบตเตอรี่ชาร์จเจอร์, ระบบเซนเซอร์, แบตเตอรี่และสวิตช์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกประกอบลงในบอร์ดแผงไฟฟ้าเพื่อวัตถุประสงค์ในการที่จะลดการใช้สายไฟลง และเป็น การเพิ่มความเสถียรของวงจรไฟฟ้า ทำให้สามารถรับแรงสั่นสะเทือนและเสียงจากระบบลูกเลื่อนของปืนได้ โดยชุดเลเซอร์อินฟราเรดจะทำงานเมื่อเซนเซอร์สามารถตรวจจับได้ถึงการยิงของปืนที่ถูกจำลองขึ้น

ซึ่งการจำลองในที่นี้คือ การตรวจจับแรงสั่นที่เกิดจากแรงถีบ (Recoil) ของปืนโดยใช้เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerator Sensor) และการตรวจจับเสียงของปืนโดยใช้เซนเซอร์วัดเสียง (Sound Sensor) จากนั้นจะนำไปประมวลผลร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ทำการออกแบบไว้เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนจากเสียงของสภาพแวดล้อม เลเซอร์อินฟราเรดจะทำงานก็ต่อเมื่อตรวจพบการทำงานของเซนเซอร์ทั้งสองชนิดพร้อมกัน โดยมีรูปแบบของการเคลื่อนไหวและเสียงที่วัดได้ตามที่กำหนดไว้เท่านั้น ทั้งนี้ยังเพื่อป้องกันการกระฉีกใช้ปืนฝึกฯ ร่วมกันหลายกระบอกในคราวเดียว ทำให้สามารถจำได้แน่ชัดว่าการเคลื่อนไหวและเสียงที่เกิดขึ้นเป็นของปืนกระบอกใดในสนามฝึกฯ



รูปที่ ๖ ตำแหน่งการติดตั้งและส่วนประกอบของระบบเลเซอร์อินฟราเรดบนปลายกระบอกปืนฝึก รุ่น M4A1

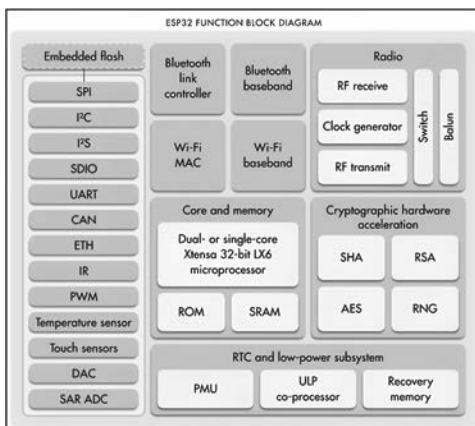
3.1 อุปกรณ์การทดลอง

ในงานวิจัยนี้มีการเน้นไปที่การตรวจจับการยิงปืน ซึ่งจะมีการใช้เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerator Sensor) เพื่อตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกเลื่อนปืนเมื่อทำการลั่นไกควบคู่ไปกับเซนเซอร์วัดเสียง (Sound Sensor) ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของระบบลูกเลื่อน พร้อมกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และเลเซอร์อินฟราเรดที่มีความถี่ 980 นาโนเมตร ที่ใช้ในการช่วยระบุเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดเซนเซอร์ที่ใช้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดเซนเซอร์ที่ใช้ในงานวิจัย

Sensor	Parameter
6-AXIS-IMU-UNITMPU6886	angle and acceleration
SPM1423HM4H	Sound

ในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ทำการวิจัย จะเป็นรุ่นที่มี ไอซี ESP32 ซึ่งมีความสามารถในการรองรับการเชื่อมต่อได้ทั้ง WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว มี CPU ที่ใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง พร้อมกับสัญญาณนาฬิกา 240 MHz ผลิตโดยบริษัท Espressif [17] มีโครงสร้างของฟังก์ชันการทำงานดังรูปที่ 7



รูปที่ ๗ Function Block Diagram ของไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ESP32 [15]

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ IMU Sensor, Sound Sensor และ IR Sensor Module จะถูกประกอบเข้าด้วยกัน โดยมีการออกแบบการเชื่อมต่อเป็นแผนผังวงจร ก่อนจะถูกติดตั้งบนปลายกระบอกปืน รุ่น M4A1 ที่ถูกดัดแปลงออกแบบส่วนแมกกาซีนสำหรับใช้ทำงานกับระบบบลม ดังแสดงในรูปที่ 9 เพื่อ

ทำการยิงทดสอบกับระบบสนามฝึกยิงปืนเสมือนจริงที่มีลักษณะเป็นห้องปิด ดังแสดงในรูปที่ 8

เมื่อระบบเลเซอร์อินฟราเรดตรวจจับว่าเกิดการยิงของปืน จะทำการปล่อยแสงเลเซอร์ในช่วงอินฟราเรดออกไปตกกระทบยังฉากฝึกที่จุดหรือตำแหน่งที่ผู้ฝึกได้ทำการยิงปืนฝึกฯ ออกไป ซึ่งเป็นการจำลองวิถีและจุดตกของกระสุนปืนด้วยแสงเลเซอร์ โดยจุดนี้จะไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า แต่จะสามารถตรวจจับตำแหน่งจุดเลเซอร์อินฟราเรดได้ด้วยระบบประมวลผลภาพ (Image Processing) และด้วยกล้องอินฟราเรด เมื่อระบบได้ตำแหน่งจุดยิงของปืนฝึกฯ แล้ว จะทำการส่งจุดหรือตำแหน่งการยิงนั้นไปยังโปรแกรมฉากฝึกเพื่อแปลผลการยิงและเก็บข้อมูล

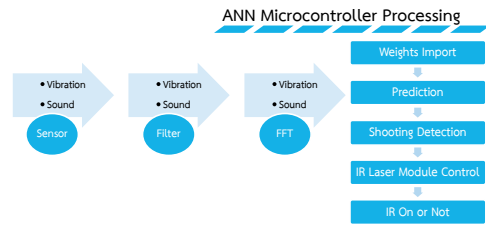


รูปที่ ๘ การทดสอบระบบเซนเซอร์ในสนามฝึกยิงปืนเสมือนจริง



รูปที่ ๙ ตำแหน่งที่ติดตั้งชุดเลเซอร์อินฟราเรดบนกระบอกปืนรุ่น M4A1

ขั้นตอนตรวจจับการยิงนั้นจะมีการอาศัยค่าจากการทดลองทั้งหมด 1,120 ครั้ง โดยจะมี data logger สำหรับบันทึกข้อมูลสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์ นำมาผ่านตัวกรอง (Filter) และแปลงสัญญาณด้วย Fast Fourier Transform (FFT) เพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลให้พร้อมก่อนการนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อเรียนรู้การจำแนกรูปแบบสัญญาณการเคลื่อนไหวของลูกเลื่อนจากการให้ตัวอย่างรูปแบบสัญญาณที่กำกับโดยการเขียนโปรแกรม แบ่งเป็น “รูปแบบสัญญาณการสั่นของการยิงของปืน” และ “ไม่เป็นรูปแบบสัญญาณการสั่นของการยิงของปืน” จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ระบุรูปแบบสัญญาณการสั่นอื่น ๆ โดยมีการระบุลักษณะเฉพาะ จากชุดตัวอย่างที่เคยได้ประมวลผลมา โดยใช้เครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมคือ Jupyter Notebook ด้วยภาษา python และใช้ Tensorflow ในการสร้าง training TF model สำหรับการเรียนรู้รูปแบบสัญญาณการสั่นและรูปแบบสัญญาณเสียงของการยิงของปืน โดยจะแบ่งการสอน (Train) เป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกดังแสดงในรูปที่ 10 จะเริ่มทำการสอน (Train) บนคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) สำหรับนำไปเข้าขั้นตอนการประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 11



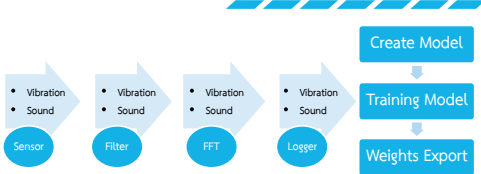
รูปที่ ๑๑ การนำเข้าค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ในไมโครคอนโทรลเลอร์

จากการทดลองจะได้ข้อมูล 2 ชุด คือ การสั่นและเสียงจากการเคลื่อนที่ของลูกเลื่อน โดยชุดทดสอบ 1 ชุด จะสามารถทำงานต่อเนื่องได้ประมาณ 5 ชั่วโมงต่อเวลาการชาร์จ 1 ชั่วโมง

4. ผลการวิจัย

การเก็บข้อมูลลักษณะการยิงของปืนฝึกทางยุทธวิธี รุ่น M4A1 จะมีการประเมินผลประสิทธิภาพด้วยการใช้วิธีการสร้างตารางเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ในการคำนวณค่าที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความถูกต้อง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) ความไว (Recall) และค่า F1-Score โดยมีการใช้ตัวแปรแทนสถานะที่ไม่เกิดการลั่นไกด้วย A และตัวแปรสถานะที่เกิดการลั่นไกด้วย B จากนั้นจะมีการทดสอบด้วยการยิงกับสนามทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการใช้งานจริงอีกครั้ง

ANN Computer Processing



รูปที่ ๑๐ การสร้างและการสอน (Train) รูปแบบการสั่นและเสียงของปืนบนคอมพิวเตอร์

4.1 ผลการสอนให้แบบจำลองเกิดการรู้จำรูปแบบการสั่นและเสียงของลูกเลื่อนเมื่อเกิดการยิงปืนฝึก

จากตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 จะพบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองภายหลังการสอนให้เกิดการรู้จำรูปแบบการสั่นและเสียงของปืนฝึก จะพบว่า แบบจำลองจะสามารถแยกรูปแบบการสั่นและเสียงของปืนฝึกที่เกิดจากการยิงปืนได้ โดยมีค่า F1-score คือ 0.99 และ 0.95 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพภายหลังการสอนให้แบบจำลองเกิดการรู้จำรูปแบบการสั้นของปืนฝึกา

Actual	Precision	Recall	F1-score
A	1.00	0.99	0.99
B	0.98	1.00	

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพภายหลังการสอนให้แบบจำลองเกิดการรู้จำรูปแบบเสียงของปืนฝึกา

Actual	Precision	Recall	F1-score
A	0.91	1.00	0.95
B	1.00	0.91	

โดย

A คือ ตัวแปรแทนสถานะที่ไม่เกิดการลั่นไก

B คือ ตัวแปรสถานะที่เกิดการลั่นไก

4.2 ผลการทดสอบจากการทดลองใช้งานจริง

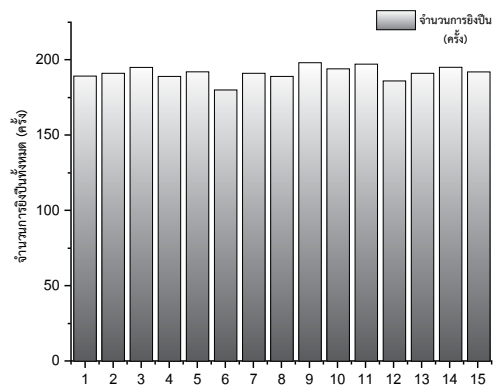
4.2.1 เมื่อทำการติดตั้งชุดเซนเซอร์ลงบนปลายกระบอกปืนฝึกา รุ่น M4A1 และทำการทดสอบกับปืนทั้งหมด 15 กระบอก พบว่า จากการยิงปืนทั้งหมด 200 นัด เลเซอร์ปืนจะทำงานเฉลี่ยที่ประมาณ 191 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 12 ซึ่งจะสามารถทำการหาความแม่นยำ (Accuracy) ของการตรวจจับได้ตามสมการที่ (8)

$$\%Accuracy = \frac{X_{total} - X_{detect}}{X_{total}} \times 100 \quad (8)$$

โดย

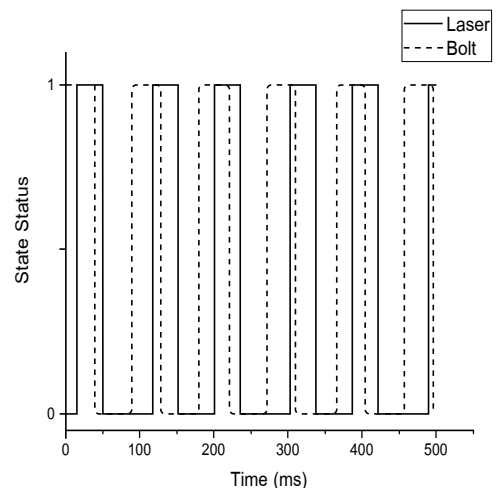
X_{total} คือ จำนวนการยิงปืนทั้งหมด

X_{detect} คือ จำนวนครั้งของการยิงปืนที่โปรแกรมสามารถตรวจจับได้



รูปที่ ๑๒ ผลการทดสอบชุดเลเซอร์เมื่อนำมาติดตั้งใช้งานร่วมกับปืนฝึกา

4.2.2 จากรูปที่ 13 พบว่าระยะที่เวลาลูกเลื่อนปืนเคลื่อนที่ถอยหลังจะใช้เวลา 35 ms และเมื่อเคลื่อนที่กลับจะใช้เวลา 55 ms คิดเป็นเวลารวม 90 ms แต่ในส่วนของชุดเลเซอร์ จะมีการทำงานเพื่อเปิดแสงซึ่งใช้เวลา 50 ms และปิดแสงใช้เวลา 50 ms คิดเป็นเวลาทำงานรวม 100 ms



รูปที่ ๑๓ กราฟเปรียบเทียบเวลาการทำงานของลูกเลื่อนและชุดเลเซอร์จากการทดสอบ

5. สรุปและวิเคราะห์

บทความนี้มีการเสนอวิธีการวิจัยชุดระบบเซนเซอร์ ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นเลเซอร์อินฟราเรดสำหรับใช้ติดตั้งบนปลายกระบอกลูกปืนฝักทางยุทธวิธีรุ่น M4A1 โดยมีการสร้างต้นแบบระบบเซนเซอร์เพื่อใช้ตรวจจับการยิงปืน ซึ่งมีการใช้เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerator Sensor) เพื่อตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกเลื่อนปืนเมื่อมีการลั่นไกควบคู่ไปกับเซนเซอร์วัดเสียง (Sound Sensor) ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของระบบลูกเลื่อน จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลด้วยการหาแบบจำลองการสั่นและเสียงของการยิงปืน

จากการทดสอบการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองภายหลังการสอนให้เกิดการรู้จำรูปแบบการสั่นของปืนฝัก จะพบว่า แบบจำลองจะสามารถแยกรูปแบบการสั่นของปืนฝักที่เกิดจากการยิงปืนได้ และเมื่อนำไปทดสอบกับปืน 15 กระบอก ของระบบสนามฝึกยิงปืนเสมือนจริง พบว่า จากผลการทดลองในรูปที่ 12 ชุดเลเซอร์สามารถตรวจจับลักษณะการยิงของปืนได้ถูกต้องแม่นยำถึงร้อยละ 95.63 โดยคิดจากการทำงานของเลเซอร์เมื่อทำการลั่นไกยิงปืนทั้งหมด 200 นัดต่อ 1 ชุด แต่หากเมื่อมีการใช้งานจริงการยิง 1 นัดปืน จะใช้เวลาทั้งหมด 90 ms เมื่อเทียบกับการทำงานของชุดเลเซอร์ซึ่งใช้เวลา 125 ms ทำให้เมื่อยิงต่อเนื่องในระยะเวลาอันสั้น จะทำให้ในนัดถัดไปชุดเลเซอร์จะทำงานได้ไม่ทัน ทำให้ต้องระมัดระวังในส่วนนี้เมื่อมีการใช้งานแบบยิงต่อเนื่องเป็นชุด

นอกจากนี้ ชุดระบบเซนเซอร์ยังสามารถใช้งานติดตั้งได้กับปืนฝักหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นปืนสั้นหรือปืนยาวชนิดต่าง ๆ เพื่อรองรับการพัฒนาต่อยอดในอนาคต โดยชุดระบบเซนเซอร์ที่ทำการออกแบบจะสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องสูงสุด 5 ชั่วโมงต่อการประจุไฟ 1 ครั้ง หรือ 1 ชั่วโมง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัย อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย และพื้นที่ในการทำวิจัย รวมไปถึงการอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ จากโครงการวิจัยและพัฒนาต้นแบบระบบเครื่องช่วยฝึกใช้อาวุธเสมือนจริงขั้นสูง ห้องวิจัยส่วนงานระบบเครื่องช่วยฝึกเสมือนจริง และโรงเรียนเตรียมทหาร ซึ่งได้ให้ความร่วมมือช่วยเหลือให้คำแนะนำในการทำงานวิจัยและแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องจนทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Lele, "Virtual Reality and Its Military Utility," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 4, no. 1, Feb. 2011, doi: 10.1007/s12652-011-0052-4.
- [2] R. Lovreglio, D.-C. Ngassa, A. Rahouti, D. Paes, Z. Feng, and A. Shipman, "Prototyping and Testing a Virtual Reality Counterterrorism Serious Game for Active Shooting," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 82, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.ijdr.2022.103283.
- [3] R. Lovreglio, X. Duan, A. Rahouti, R. Phipps, and D. Nilsson, "Comparing the Effectiveness of Fire Extinguisher Virtual Reality and Video Training," *Virtual Reality*, vol. 25, pp. 133 - 145, 2021, doi: 10.1007/s10055-020-00447-5.
- [4] R. Sacks, A. Perlman, and R. Barak, "Construction Safety Training Using Immersive Virtual Reality," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 31, no. 9, pp. 1005-1017, Sep. 2013, doi: 10.1080/01446193.2013.828844.

- [5] J. Stevens, S. C. Mondesire, C. S. Maraj, K. A. Badillo-Urquiola, and D. B. Maxwell, "Workload Analysis of Virtual World Simulation for Military Training," in *MODSIM World 2016*, Virginia Beach, VA, USA, Apr. 2016, pp. 1 - 11.
- [6] D. E. Goldberg and J. H. Holland, "Genetic Algorithms and Machine Learning," *Mach. Learn.*, vol. 3, pp. 95 - 99, Oct. 1988, doi: 10.1023/A:1022602019183.
- [7] T. W. Edgar and D. O. Manz, "Chapter 6 - Machine Learning," in *Research Methods for Cyber Security*. Cambridge, MA, USA: Syngress, 2017, pp. 153-173.
- [8] D. A. Heger, "An Introduction to Artificial Neural Networks (ANN) - Methods, Abstraction, and Usage," 2015.
- [9] S. W. Lee *et al.*, "A Study on Deep Learning Application of Vibration Data and Visualization of Defects for Predictive Maintenance of Gravity Acceleration Equipment," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 4, Feb. 2021, doi: 10.3390/app11041564.
- [10] P. Gaurang, A. Ganatra, Y. P. Kosta, and D. Panchal, "Behaviour Analysis of Multilayer Perceptrons with Multiple Hidden Neurons and Hidden Layers," *Int. J. Comput. Theory Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 332-337, Jan. 2011, doi: 10.7763/IJCTE.2011.V3.328.
- [11] J. Brownlee. "Deep Learning Performance." MACHINELEARNINGMASTERY.com. <https://machinelearningmastery.com/how-to-fix-vanishing-gradients-using-the-rectified-linear-activation-function> (accessed Oct. 14, 2022).
- [12] ช. กิตตินราทร. "Machine Learning and Full-stack Python." GOUPAI.GITHUB.io. <https://guopai.github.io/index.html> (accessed Oct. 3, 2022).
- [13] P. H. Winston, *Artificial Intelligence*, 3rd ed. USA: Addison-Wesley Pub. Co., 1992, pp. 737.
- [14] T. Wood. "Sigmoid Function." DEEPAI.org. <https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/sigmoid-function> (accessed Nov. 7, 2022).
- [15] S. Visa, B. Ramsay, A. Ralescu, and E. van der Knaap, "Confusion Matrix-based Feature Selection," in *Proc. 22nd Midwest Artif. Intell. Cogn. Sci. Conf. 2011*, Cincinnati, OH, USA, 2011, pp. 120 - 127.
- [16] K. K. Al-jabery, T. Obafemi-Ajayi, G. R. Olbricht, and D. C. Wunsch II, "9 - Data Analysis and Machine Learning Tools in MATLAB and Python," in *Computational Learning Approaches to Data Analytics in Biomedical Applications*, London, UK: Academic Press, 2020, pp. 231-290.
- [17] Espressif Systems (Shanghai) Co., *ESP32 Series Datasheet*. 2022.